LA TARJETA NI USB 6009

Conexiones, configuraciones y ejemplos

Descripción breve

El presente documento contiene una breve descripción de la Tarjeta de Adquisición de datos USB, NI-6009, las conexiones a instrumentos y la forma de insertarlos en un programa en LabVIEW, así como ejercicios de programación.

Luis Echeverría Yánez

lmecheverria@espe.edu.ec

Tabla de contenidos

TABLA DE CONTENIDOS **1**

LA TARJETA NI USB 6009 ..... **2**

REQUISITOS DE SOFTWARE Y HARDWARE. 2
CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES. 3
Conectando sensores y actuadores. *4*
Simulando un sensor digital ON/OFF 4
Simulando un actuador digital ON/OFF 6
Simulando un sensor analógico 6
Probando las conexiones. *8*
Test Panel: Analog Input. 9
Test Panel: Analog Output. 10
Test Panel: Digital I/O. 12
Test Panel: Counter I/O. 13
Insertando instrumentos en un programa de LabVIEW *14*
Insertando canal de entrada analógico. 16
Insertando canal de entrada digital. 25
Insertando canal de salida digital. 30
Insertando canal de salida analógico. 35
Insertando canal de entrada para pulsos (contador). 39

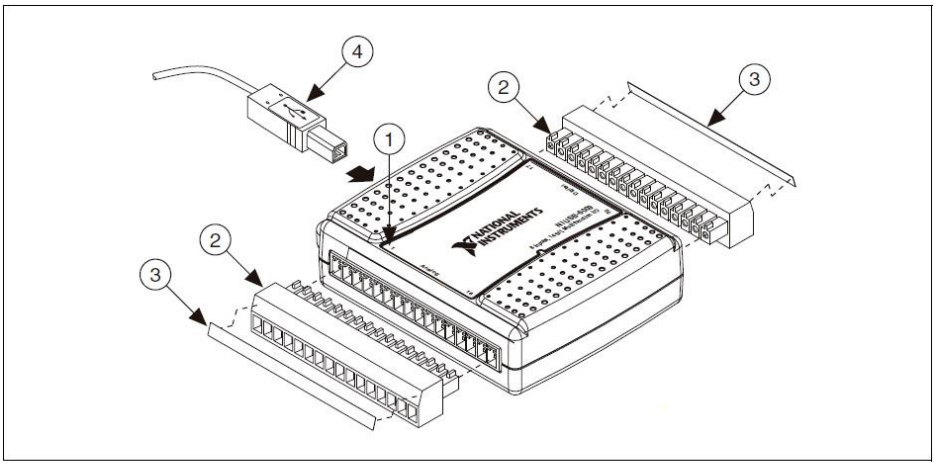
TRABAJANDO SIN SENSORES REALES. **42**

LOS ESTADOS DEL PROCESO 42
CON INTERRUPTORES DE NIVEL 43
CON TRANSMISOR DE NIVEL 47
CON ELEMENTOS TEMPORIZADORES. 53
El elemento de temporización. *53*
Proceso con temporización. *54*
CON ELEMENTOS DE CONTEO 57
Proceso con conteo. *57*
Un contador ascendente *57*

BORRANDO ETIQUETAS ASIGNADAS A UN DIRECCIÓN DE LA NI 6009 ..... **61**

La tarjeta NI USB 6009

La tarjeta está compuesto de tres elementos, el elemento principal de la DAQ (de aquí en adelante la DAQ se refiere a la tarjeta NI USB-6009) y dos grupos de borneras, tal como se observa a continuación:



1	Etiqueta superior con indicadores de bornes	3	Etiquetas de bornes
2	Borneras	4	Cable USB

Un grupo de borneras corresponden a las entradas y salidas analógicas y el grupo opuesto corresponden a las entradas y salidas digitales, entrada de trigger o contador, +5 V y tierra, como se indica a continuación:

Entradas/salidas analógicas del borne 1 al 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
GND	+ AI0 -		GND	+ AI1 -		GND	+ AI2 -		GND	+ AI3 -		GND	AO0	AO1	GND
GND	AI0	AI4	GND	AI1	AI5	GND	AI2	AI6	GND	AI3	AI7	GND	AO0	AO1	GND

Entradas/salidas digitales, +5 V y tierra del borne 17 al 32

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
GND	+5V	+2.5V	PFI0	P1.3	P1.2	P1.1	P1.0	P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0

Requisitos de software y Hardware.

Para poder trabajar con la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 es necesario disponer de los siguientes elementos:

- Computador con NI LabVIEW[1]
- NI-DAQmx[2], compatible con la versión de LabVIEW instalada
- Tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009[3] y,
- Cable USB tipo USB A/M a USB B/M.

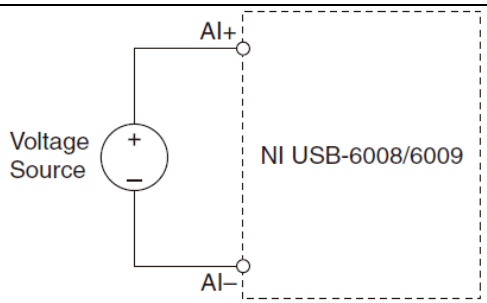
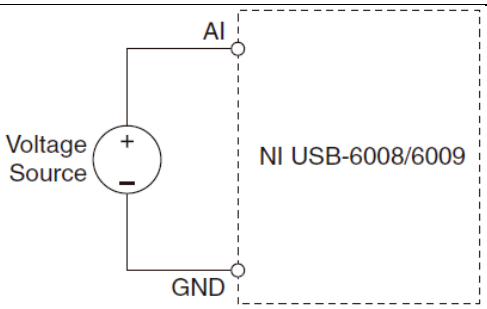
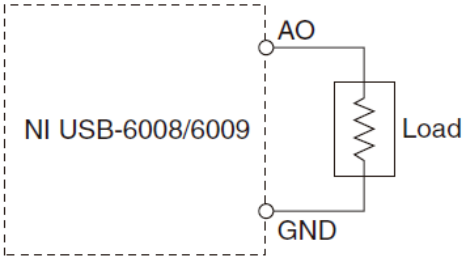
[1] NI LabVIEW es marca registrada de National Instruments Corporation. Todos los derechos reservados
[2] NI-DAQmx es marca registrada de National Instruments Corporation. Todos los derechos reservados
[3] NI USB-6009 es marca registrada de National Instruments Corporation. Todos los derechos reservados

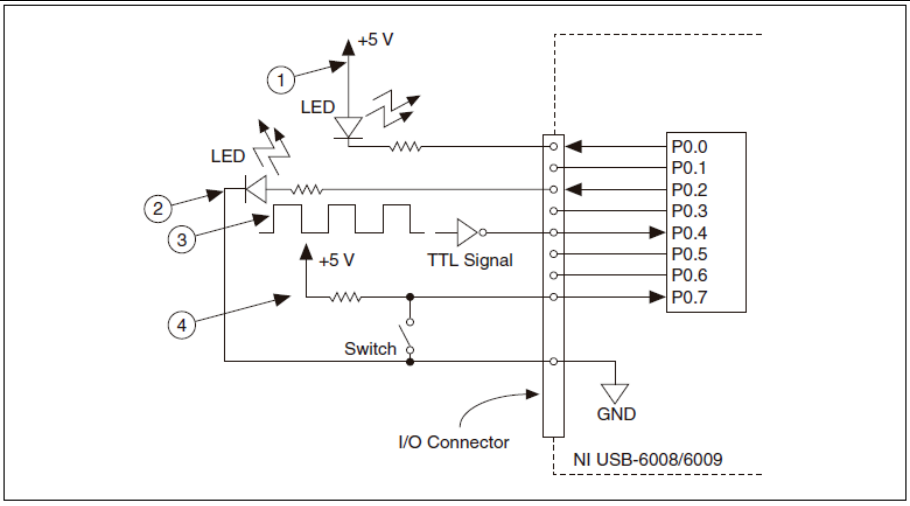
Las especificaciones completas de la tarjeta se encuentran disponibles en el internet, en los siguientes enlaces:

http://www.ni.com/pdf/manuals/371303m.pdf
http://www.insdecem.com/archivos/documentos/NIUSB6009.pdf

Conexión de sensores y actuadores.

La conexión de sensores y actuadores analógicos y digitales está claramente indicada en el manual del usuario de la tarjeta DAQ, de la que extraemos la siguiente información:

Entradas analógicas en modo diferencial	
Entradas analógicas en modo simple o referenciada a tierra	
Salidas analógicas	

Entradas y salidas digitales	 1 P0.0 está configurada como salida digital en colector abierto para controlar un LED 2 P0.2 está configurada como salida digital activa para controlar un LED 3 P0.4 está configurada como entrada digital para recibir una señal TTL de una compuerta inversora 4 P0.7 está configurada como entrada digital para recibir una señal de 0 a 5 V (ON/OFF) de un interruptor

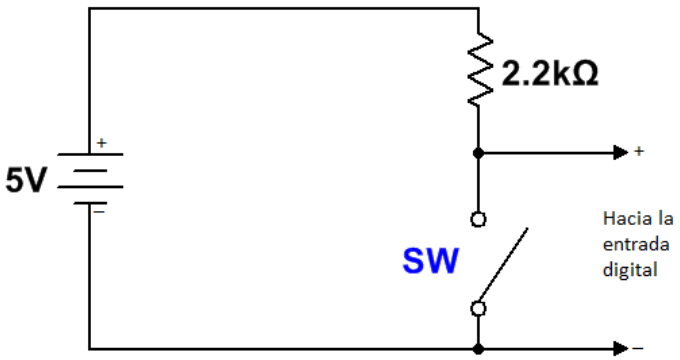
Conectando sensores y actuadores.

Vamos a simular sensores y actuadores mediante dispositivos sencillos fáciles de encontrar en cualquier almacén de electrónica. Los elementos que se necesitaran son:

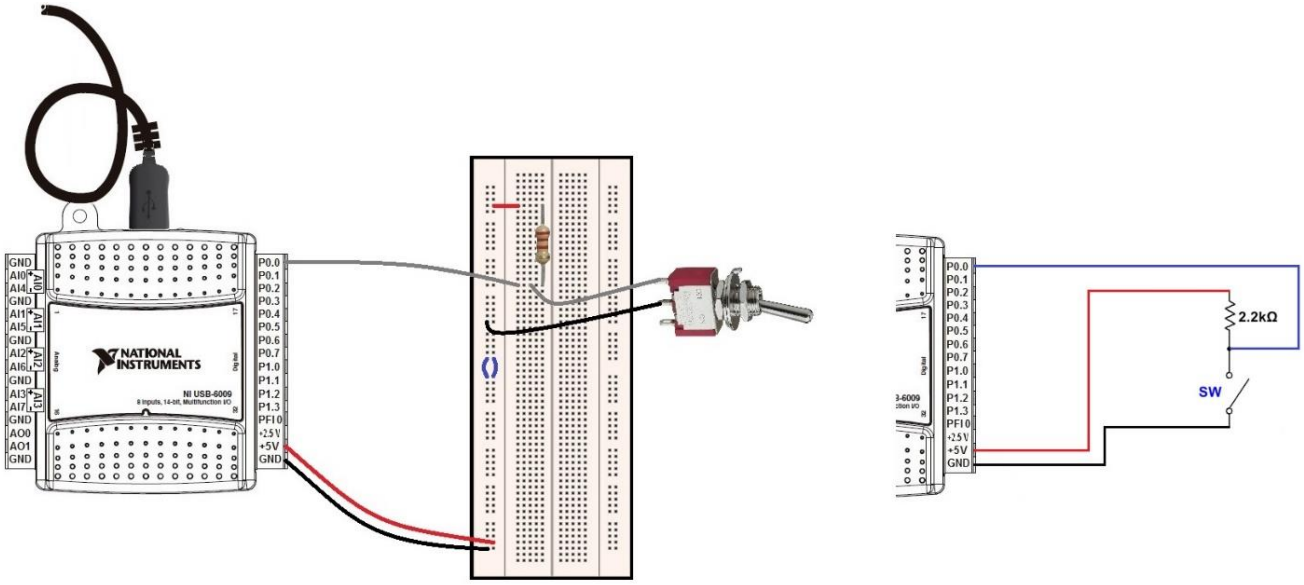
- Un interruptor y una resistencia de 2.2 KΩ.
- Un LED y una resistencia de 220 Ω.
- Un potenciómetro de 10 KΩ, un conector de batería de 9 V y una batería de 9 V.
- Un multímetro.
- Una tableta para prototipos electrónicos (protoboard).

Simulando un sensor digital ON/OFF

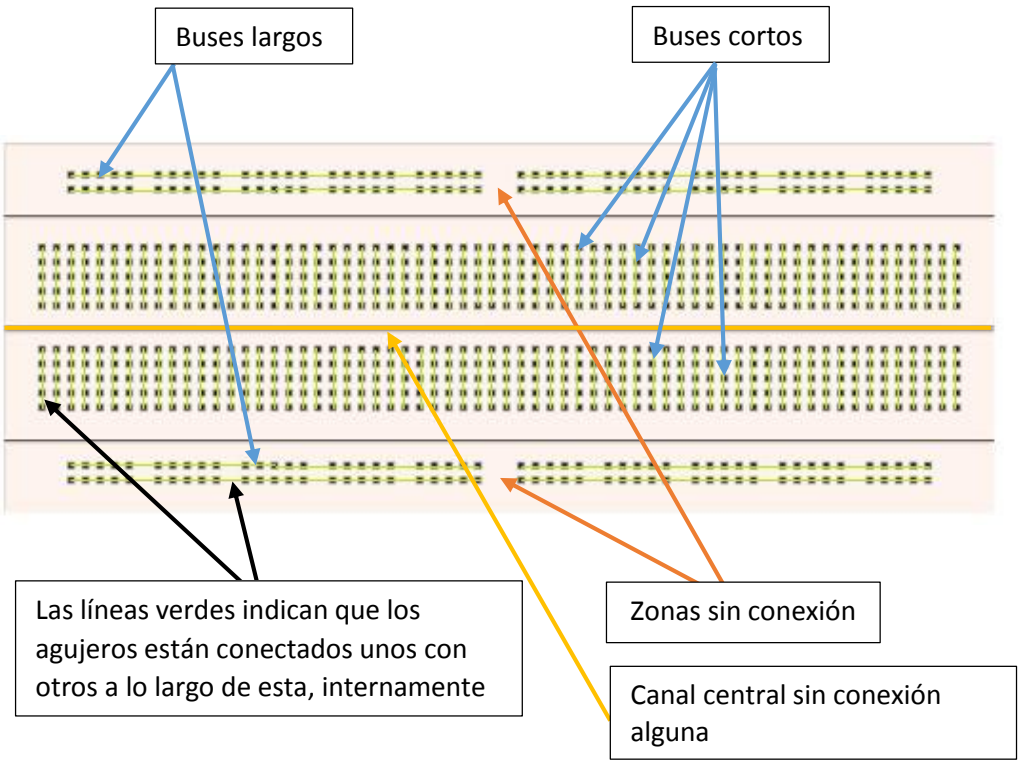
Un sencillo circuito que opera como un sensor digital del tipo ON/OFF contiene un interruptor, una resistencia de 2.2 K y una señal de 5 Vdc. La conexión es la siguiente:



Con la DAQ nos quedaría así:

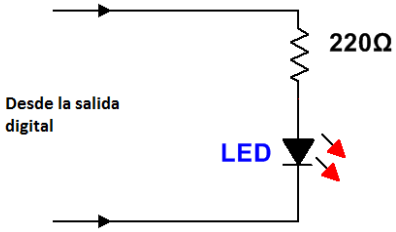


Utilizamos la salida de 5 Vdc, de la tarjeta para alimentar el circuito, llevamos la fuente y la tierra a los buses largos para poder distribuir fácilmente 5V y GND a los elementos del circuito. Esto será muy conveniente cuando dispongamos de varios elementos e instrumentos en el mismo protoboard.
La forma como cada uno de los agujeros de un protoboard están conectados, es importante para evitar un cortocircuito en la fuente o una mala conexión. Las conexiones se las puede observar en el siguiente esquema:

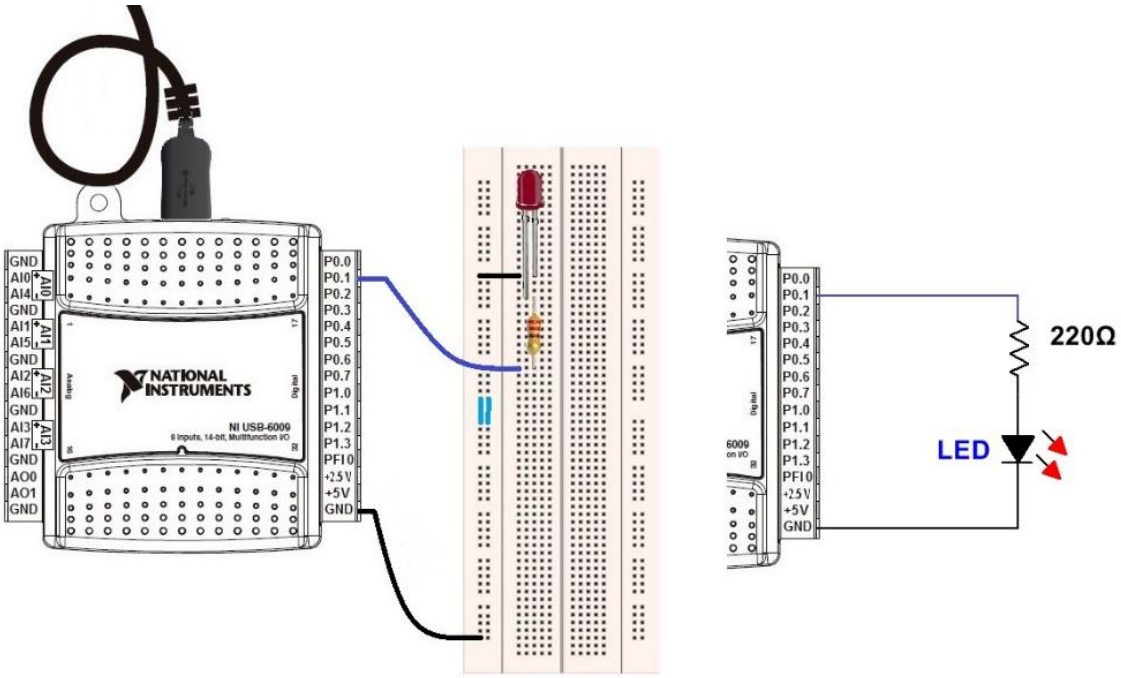

Buses largos
Buses cortos
Las líneas verdes indican que los agujeros están conectados unos con otros a lo largo de esta, internamente
Zonas sin conexión
Canal central sin conexión alguna

Simulando un actuador digital ON/OFF

Un sencillo circuito, que simula el encendido o apagado de un actuador, lo podemos realizar con un LED y una resistencia de 220 Ω. La conexión a realizar es la siguiente:

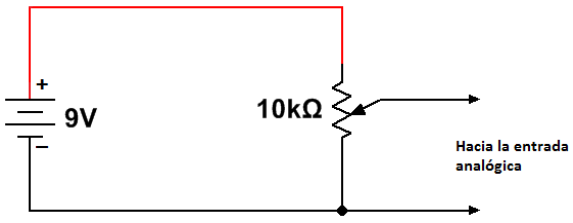


Con la DAQ nos quedaría así:

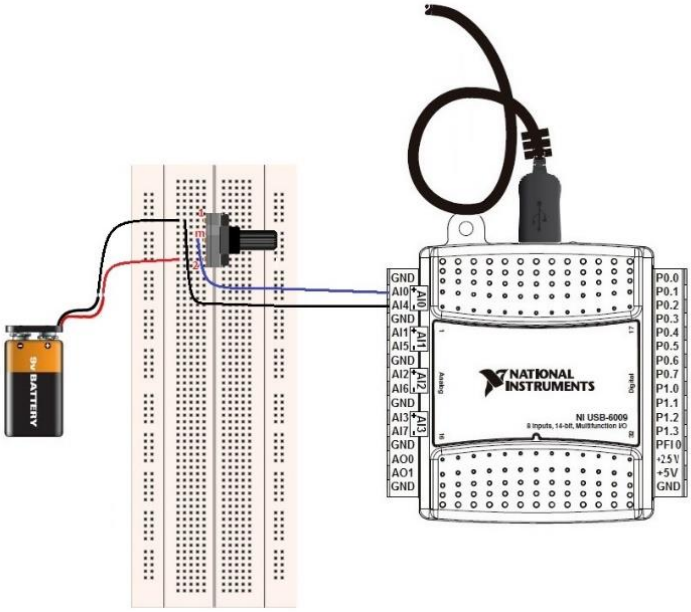


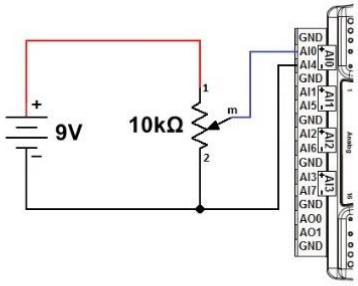
Simulando un sensor analógico

Para poder simular un sensor analógico, utilizamos el potenciómetro de 10 KΩ y la batería de 9 V, para lo cual armamos el siguiente circuito:

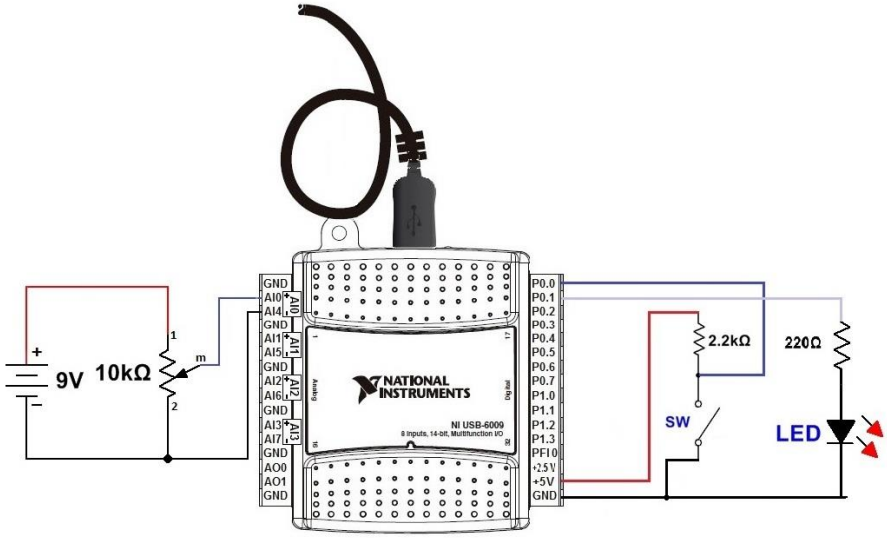


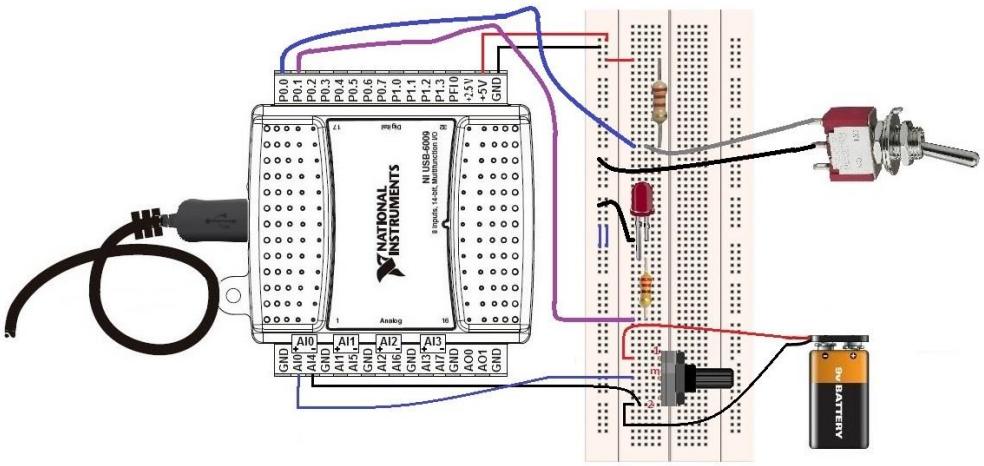
Con la DAQ nos quedaría así:


9V BATTERY
NATIONAL INSTRUMENTS
NI USB-6009
8 Inputs, 14-bit, Multifunction I/O
GND AI0 AI4 GND AI1 AI5 GND AI2 AI6 GND AI3 AI7 GND AO0 AO1 GND
P0.0 P0.1 P0.2 P0.3 P0.4 P0.5 P0.6 P0.7 P1.0 P1.1 P1.2 P1.3 PFI 0 +2.5 V +5V GND

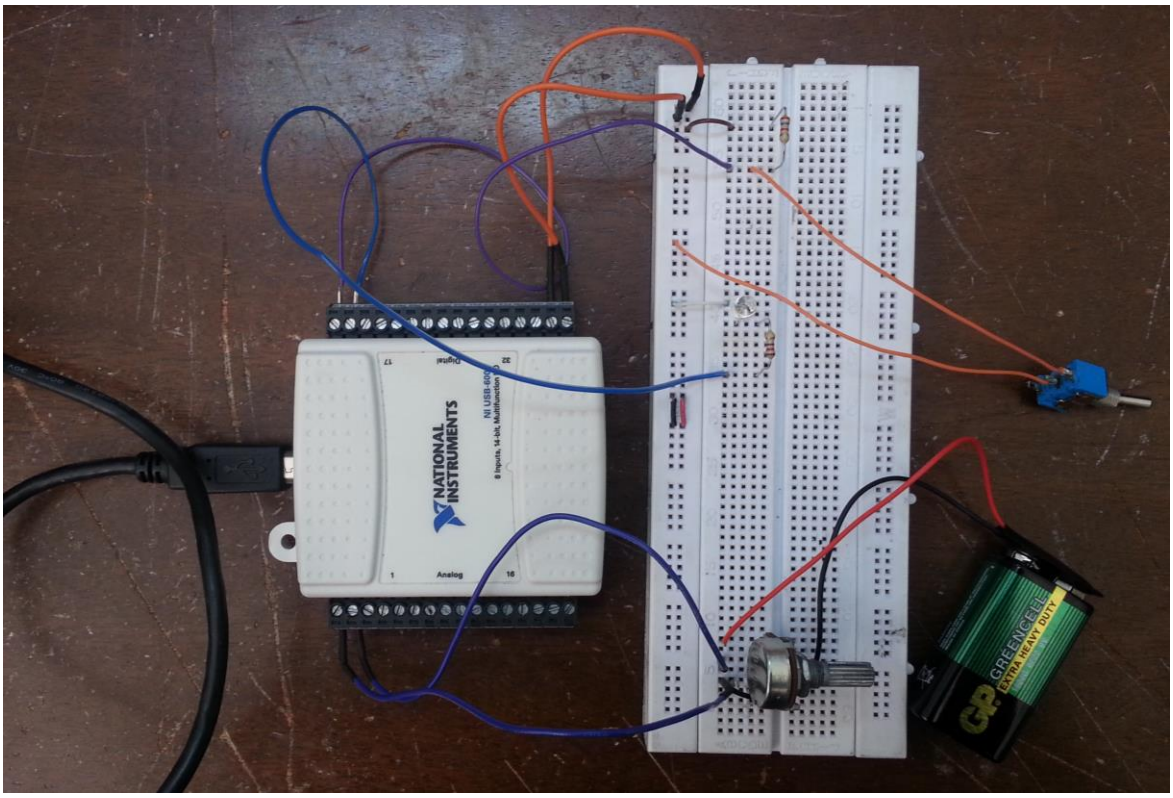


Entonces los tres dispositivos quedarían así, conectados a la DAQ:





El circuito armado queda entonces así:



Probando las conexiones.

Una vez comprobada la correcta conexión de los instrumentos procedemos a conectar la DAQ al computador. Al conectar el cable a la DAQ aparecerá en la parte inferior derecha del escritorio de Windows el indicativo del reconocimiento de la misma, como se indica en la figura 1, y al hacer clic en esta aparecerá el menú indicado en la figura 2.

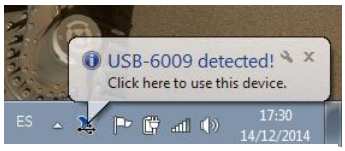


Figura 1

El menú de la figura 2, contiene varias opciones:

a. **Run Test Panels**. Que permite ejecutar los paneles de prueba de conexión y comunicación con la instrumentación.
b. **Begin an Application with This Device**. Que permite iniciar una aplicación utilizando la tarjeta y los instrumentos conectados mediante LabVIEW.
c. **Configure and Test This Device**. Ingresa al programa NI MAX, que normalmente se encuentra ubicado en el escritorio de Windows con el icono

, para configurar y probar la tarjeta.
d. **Take No Action**. No realiza ninguna acción.

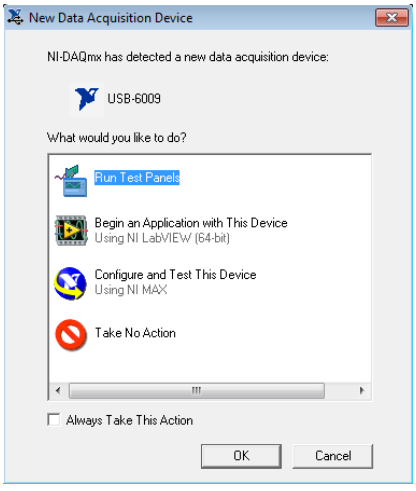


Figura 2

Entonces escogemos la opción c. obteniendo la ventana de la figura 3.

Arranque del Measurement & Automation Explorer

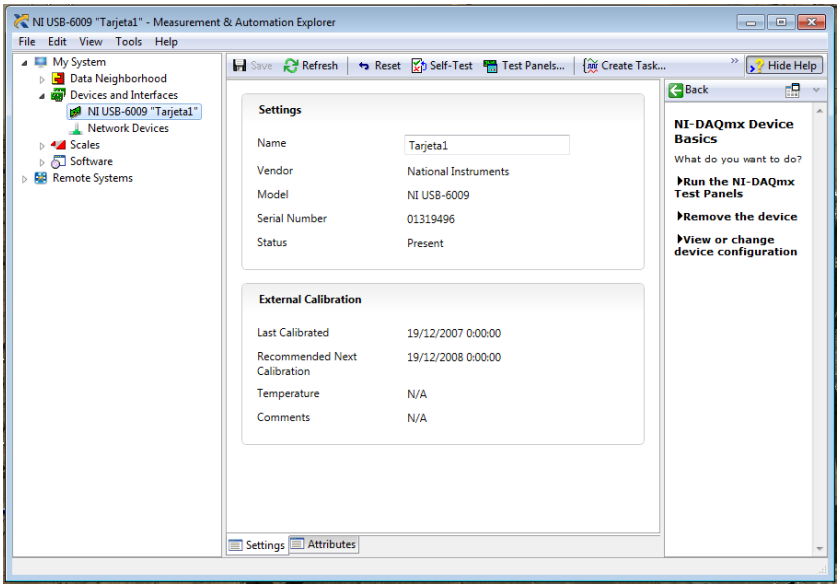


Figura 3: Measurement & Automation Explorer

En *Devices and Interfaces*, debe indicar la tarjeta DAQ como NI USB-6009 "Dev1" o el nombre que le hayas dado a la tarjeta en el campo *Name*, en este caso aparece como Tarjeta1.

Para comprobar las conexiones realizadas hacemos clic en la pestaña que dice *Test Panels…*, entonces aparece la ventana de pruebas, tal como se observa en la figura 4a. Esta ventana contempla cuatro pestañas: *Analog Input*, *Analog Output*, *Digital I/O* y *Counter I/O*.

Test Panel: Analog Input.

Esta pestaña, que es la primera que se aparece, y se observa en la figura 4a, nos permite observar la señal que llega a la DAQ, para lo cual tenemos que indicar el canal por el que se encuentra conectado el sensor (*Channel Name*), en nuestro caso el AI0, en el modo de adquisición (*Mode*) hay tres tipos: adquisición de una muestra (*On Demand*), adquisición de n muestras, donde n es definida por *# Points to Read* (*Finite*) y adquisición continua de muestras, hasta que se aplique *Stop* (*Continuous*), escogemos *On Demand*. En *Input Configuration*, tenemos dos modos diferencial (*Differential*) y señal simple referenciada a tierra (*RSE*), usamos modo diferencial.

En el valor máximo de voltaje (*Max Input Limit*) colocamos 10 y en el valor mínimo (*Min Input Limit*), 0. Suprimimos el √ en la opción de auto escalamiento (*Auto-scale chart*) y presionamos el botón *Start.*

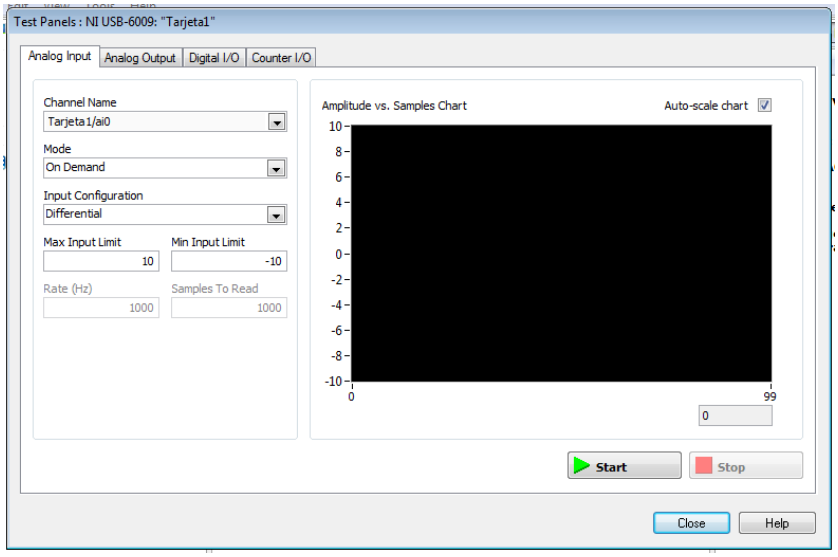
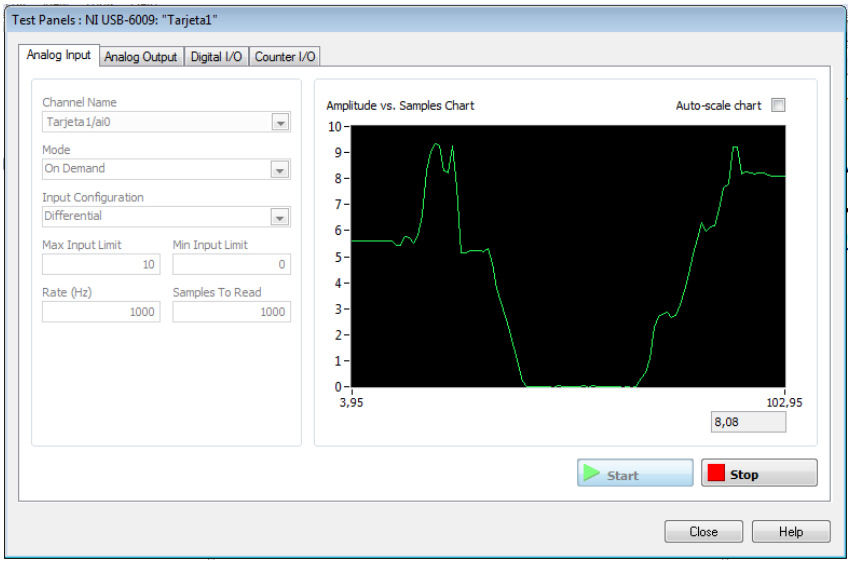


Figura 4a) Test Panels: Analog Input

La señal que se obtiene al variar el potenciómetro es la que se indica a continuación:



Test Panel: Analog Output.

La segunda pestaña, aparece en la figura 4b. Para poder tomar la señal analógica de salida, es suficiente ubicar un multímetro. En primer lugar escogemos el canal de salida (*Channel Name*), en nuestro caso AO0. Luego de lo cual indicamos los límites de voltaje, *Max Output Limit (V)* para el máximo y *Min Output Limit (V)* para el mínimo, en este caso mantenemos 5 y 0 respectivamente.

Las otras opciones (*Mode*, *Transfer Mechanism* y *Rate*) están desactivadas y no son aplicables a la NI USB-6009. En la parte derecha de la ventana, podemos observar una corredera, que se va desplazando desde el valor mínimo hasta el valor máximo de voltaje, esto es entre 0 y 5 V. El valor indicado en *Output Value (V)*, es el valor al cual mantiene su salida analógica la DAQ, y es el valor que debe indicarnos el voltímetro. Cada vez que movemos la corredera y cambia el valor del voltaje virtual generado, es necesario presionar el botón *Update*, para que el mismo pueda ser actualizado en la salida.

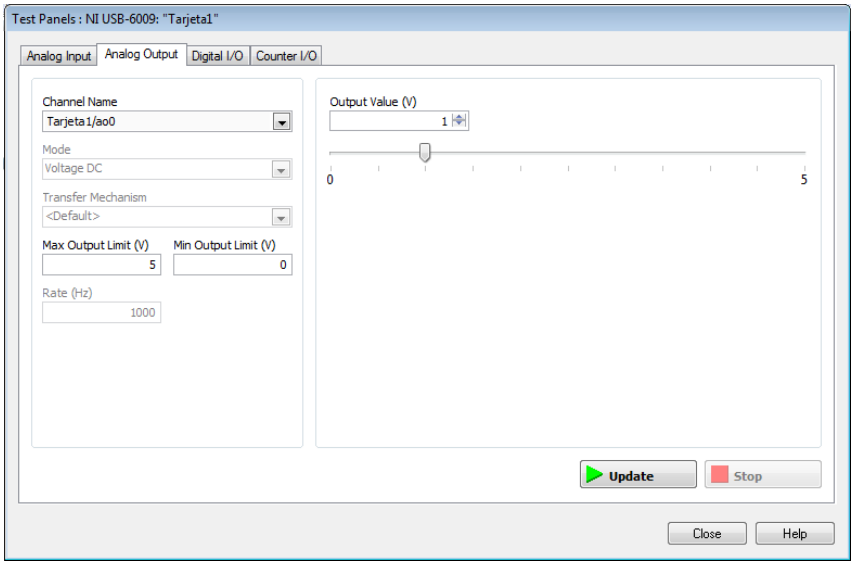
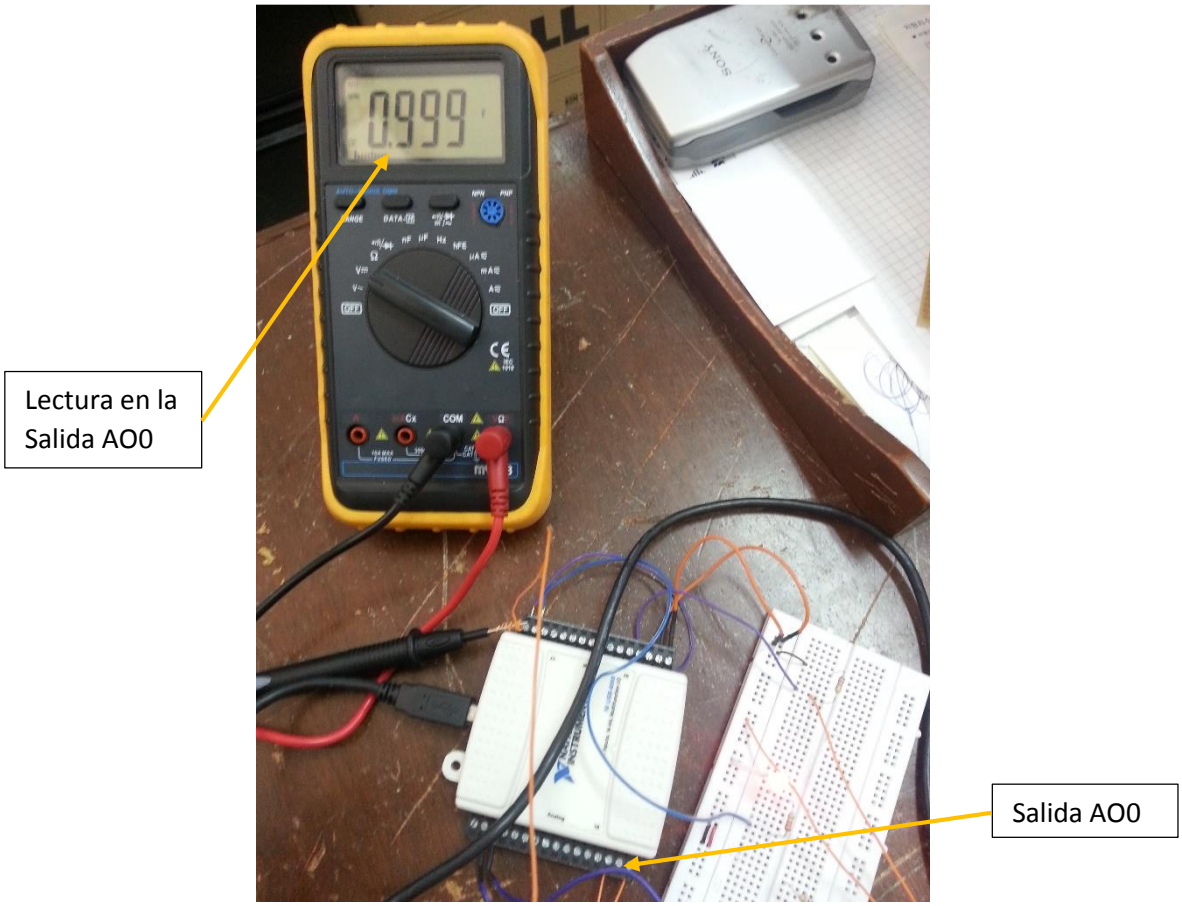


Figura 4b) Test Panel: Analog Output

Para una salida de 1 V, el multímetro indica lo siguiente:



Test Panel: Digital I/O.

Representa la tercera pestaña y se observa en la figura 4c. Como se observó en el punto 2) de este documento, una entrada/salida digital esta denominada por la combinación de dos números x e y junto a la letra P, así:

Px.y

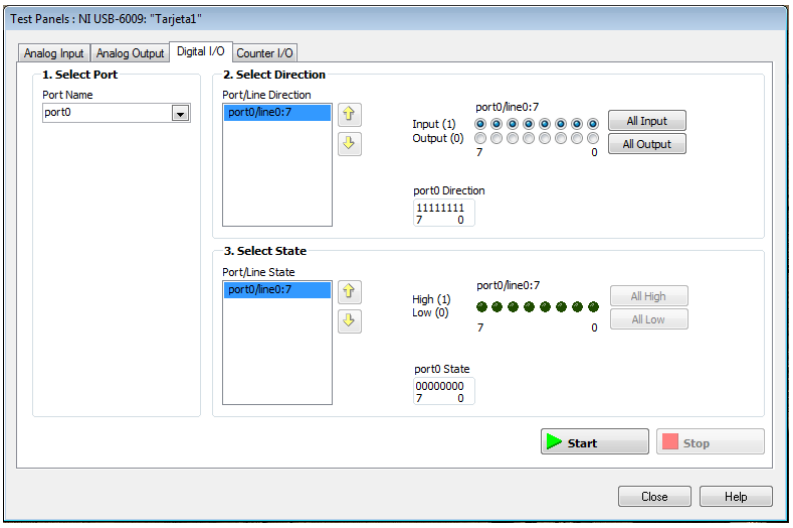
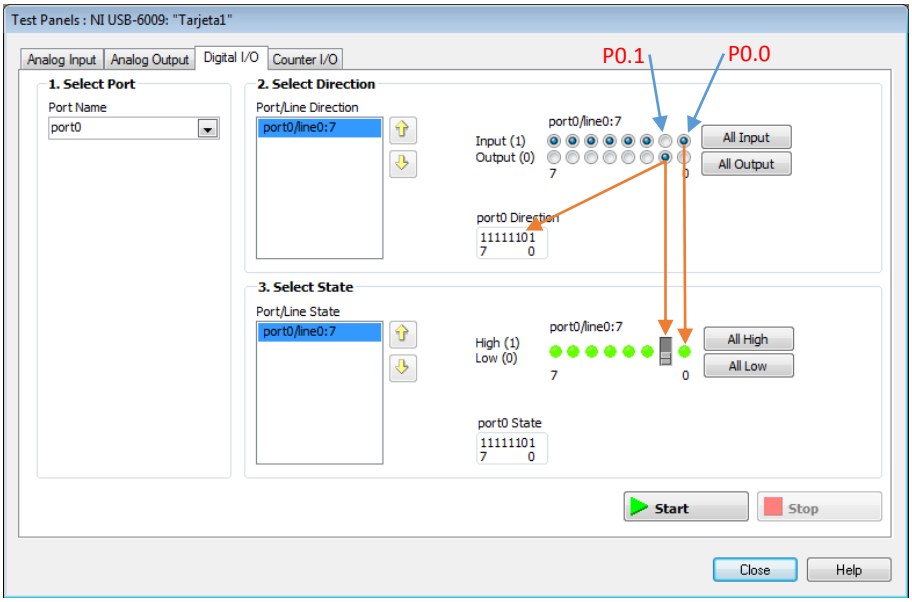


Figura 4c) Test Panel: Digital I/O

Como por ejemplo P0.0, P0.2, P1.6, etc. En la ventana de la figura 4c, el número x es identificado como puerto (*Port*) mientras que el número y representa la línea (*Line*). Entonces primero identificamos el puerto (*1. Select Port*) en *Port Name*. La tarjeta NI USB-6009 tiene solo dos puertos el 0 y el 1, para el caso de este tutorial colocamos port0. A continuación en *2. Select Direction*, determinamos el tipo de acceso para cada una de las líneas (entrada o salida) a través de los círculos de selección. Si queremos que todas sean entradas presionamos *All Input*, o solo salidas con *All Output*. En la casilla *port0 Direction 1* representa entradas y 0 representa salidas. En nuestro caso, en P0.0 tenemos una entrada y en P0.1 una salida, entonces el puerto 0 línea 0, mantenemos la selección donde esta y en puerto 0 línea 1, cambiamos al radio botón inferior, obteniendo la siguiente variación:



Obsérvese que en *3. Select State*, las entradas son representadas por LED, y las salidas por interruptores. Al presionar el botón *Start*, se inicia la comunicación con los instrumentos digitales y con el interruptor virtual podremos encender el LED externo, mientras que con el interruptor externo prenderemos y apagaremos el LED virtual.

Test Panel: Counter I/O.

Representa la última pestaña cuya ventana la observamos en la figura 4d. La tarjeta NI USB-6009 tiene una sola entrada de pulsos, denominada PFI0.

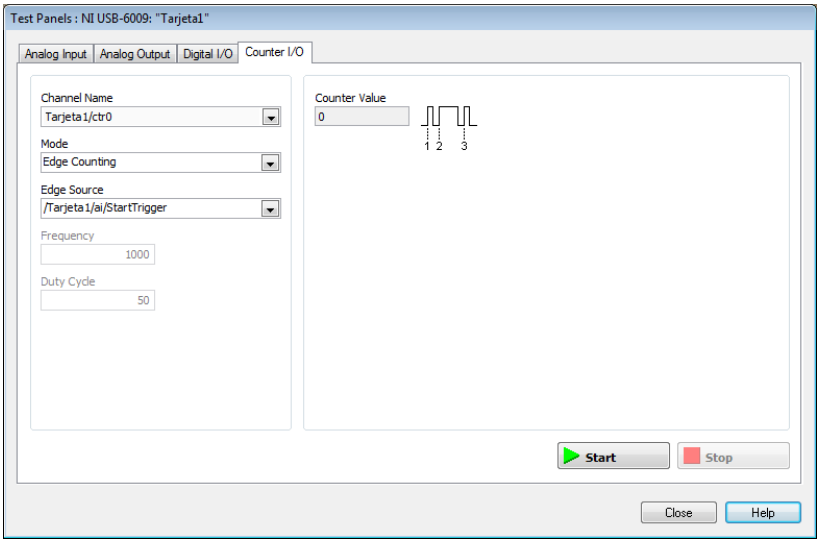
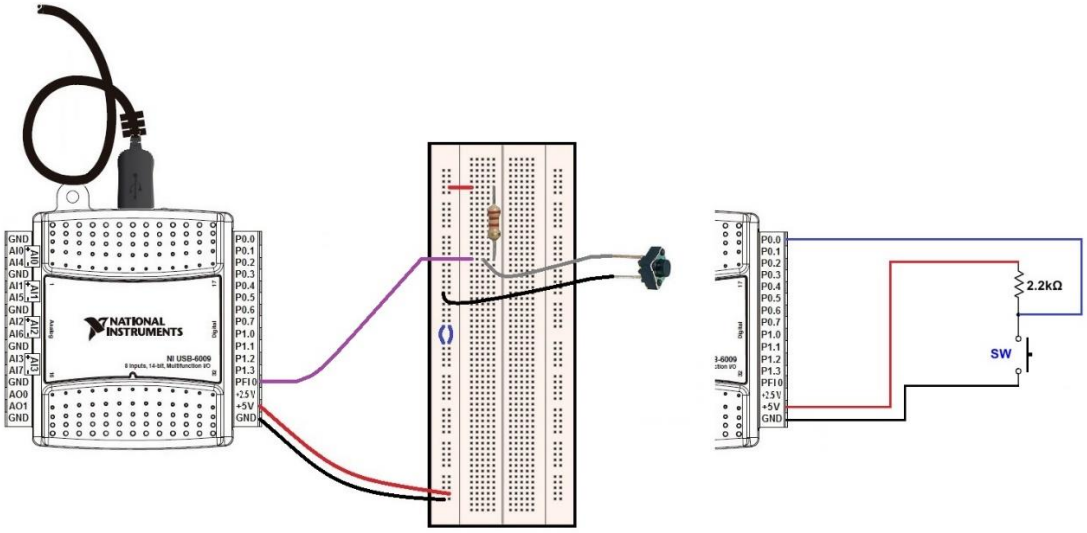


Figura 4d) Test Panel: Counter I/O

En *Channel Name*, la única opción válida es ctr0, el único modo reconocido de conteo para esta entrada es por flanco, entonces en *Mode* mantenemos la opción *Edge Counting* y en la fuente de los flancos tenemos dos opciones validas, cuando el flanco en PFI0 da de inicio al proceso adquisición de datos por las entradas analógicas AI, escogemos *ai/StartTrigger*, pero si buscamos contra pulsos de una fuente de pulsos como puede ser un tacómetro usamos /PFI0. En nuestro caso la segunda opción es la utilizada. La presionar el botón *Start*, en *Counter Value*, irán indicándose el número de pulsos, que van llegando a PFI0. Externamente podemos crear un generador de pulsos con un circuito idéntico al de la entrada digital, pero conectada al borne PFI0, y en lugar del interruptor es más conveniente utilizar un pulsador, como se indica a continuación:

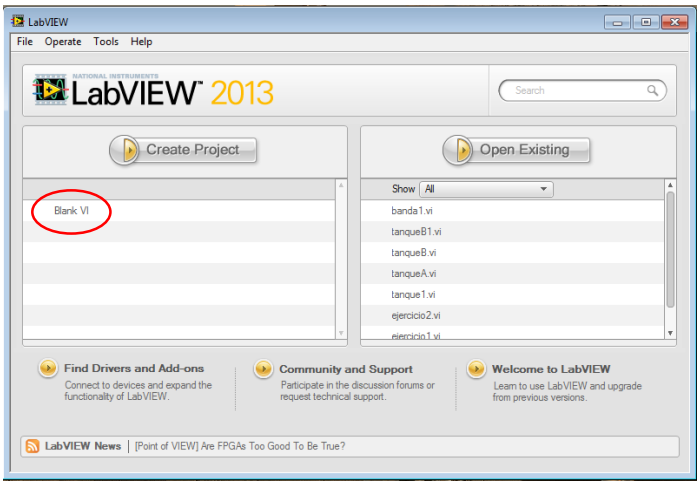


Insertando instrumentos en un programa de LabVIEW

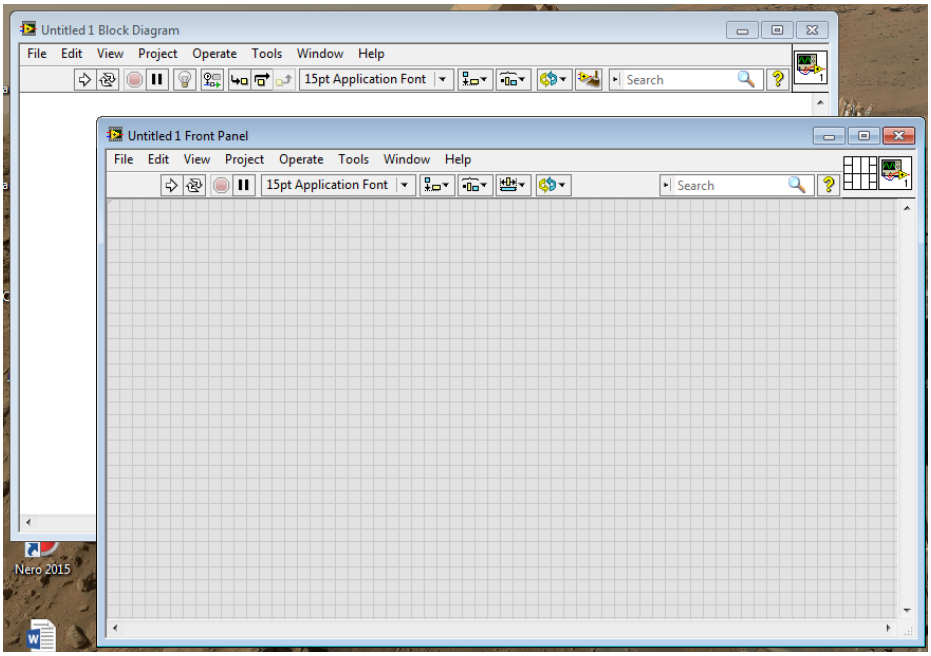
Para poder insertar instrumentos en un programa es importante tener los dispositivos conectados a la tarjeta y comprobada su conexión. A continuación iniciamos una aplicación en blanco en LabVIEW, así:

a. Arrancamos LabVIEW

b. En la ventana de inicio, escogemos *Blank VI*



c. Se crean entonces la ventana de diagrama de bloque (*Block Diagram*) y panel frontal (*Front Panel*).



La comunicación con la DAQ y los instrumentos se lo hace sobre el diagrama de bloques. Hay dos formas de establecer esta comunicación: mediante el *DAQ Assist* y a través de VIs. La primera opción es la más fácil pero involucra macros grandes y programación de procesos que a veces no se utilizan, salvo para el contador, el resto de instrumentos se conectaran mediante los VIs del menú *NI-DAQmx* ubicado en *Measurement I/O* como se observa en la figura 6.

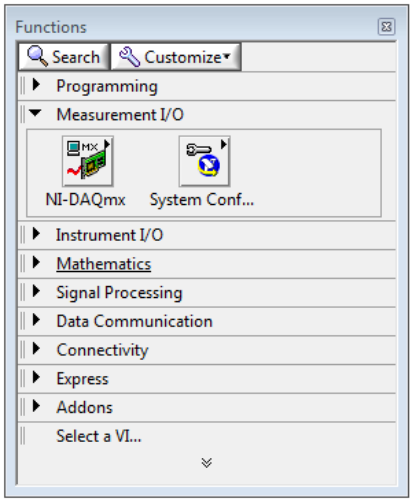
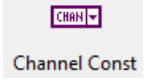
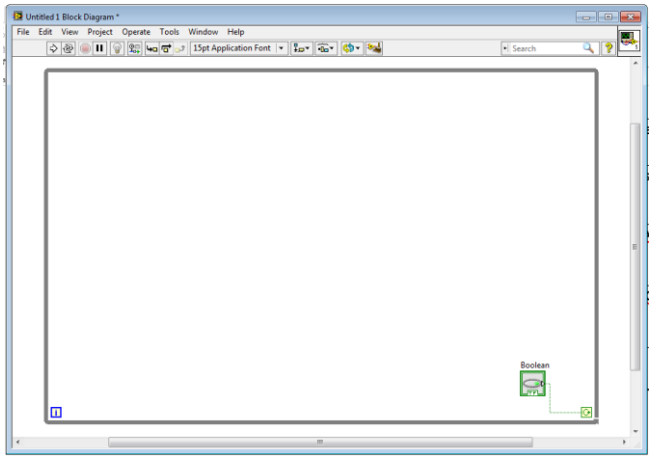


Figura 5: Menú NI-DAQmx

Los VIs a utilizar en el proceso son:

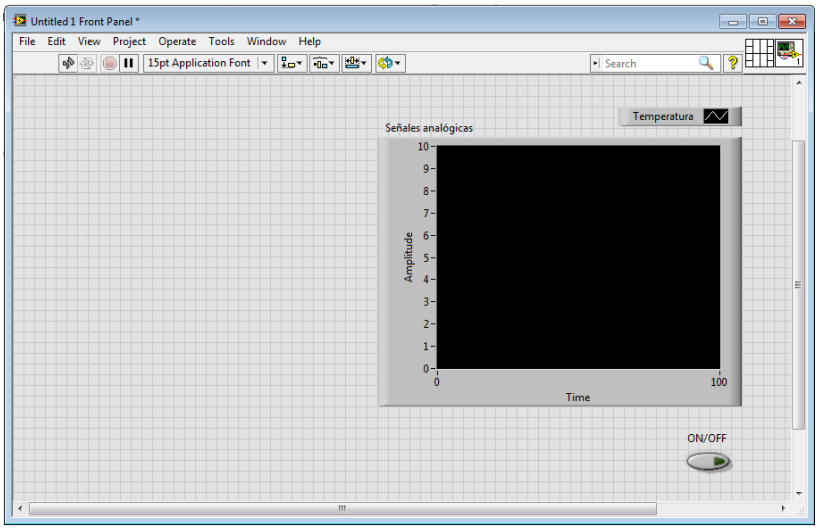
	DAQ Assist. Asistente para comunicación con la DAQ y los instrumentos conectados.
	***DAQmx Global Channel***. Variable mediante la cual estableceremos contacto con el instrumento, a través de un nombre especifico y utiliza al NI MAX para establecer la conexión y la configuración.
	DAQmx Read vi. Ejecuta la lectura de señales. Trabaja junto a la *DAQmx Global Channel*
	DAQmx Write vi. Ejecuta él envió de señales. Trabaja junto a la *DAQmx Global Channel*

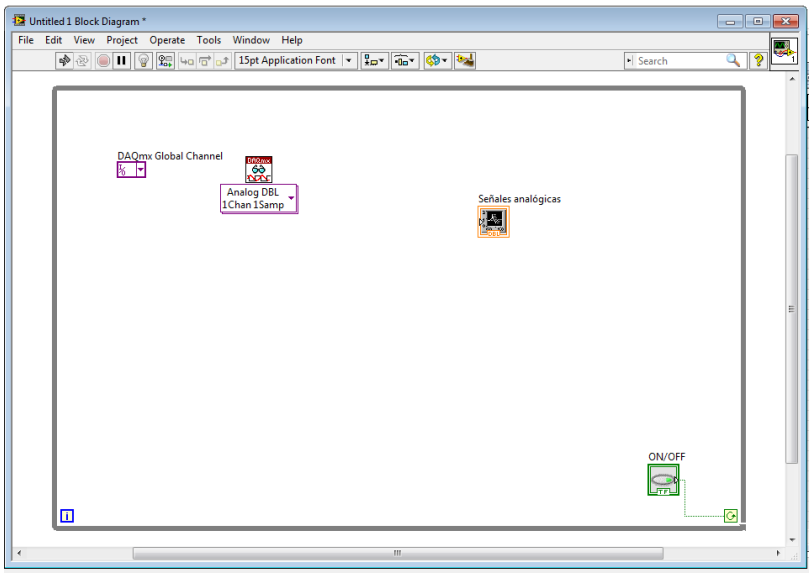
Iniciamos la programación ubicando el lazo *While* y el botón de control general del programa:



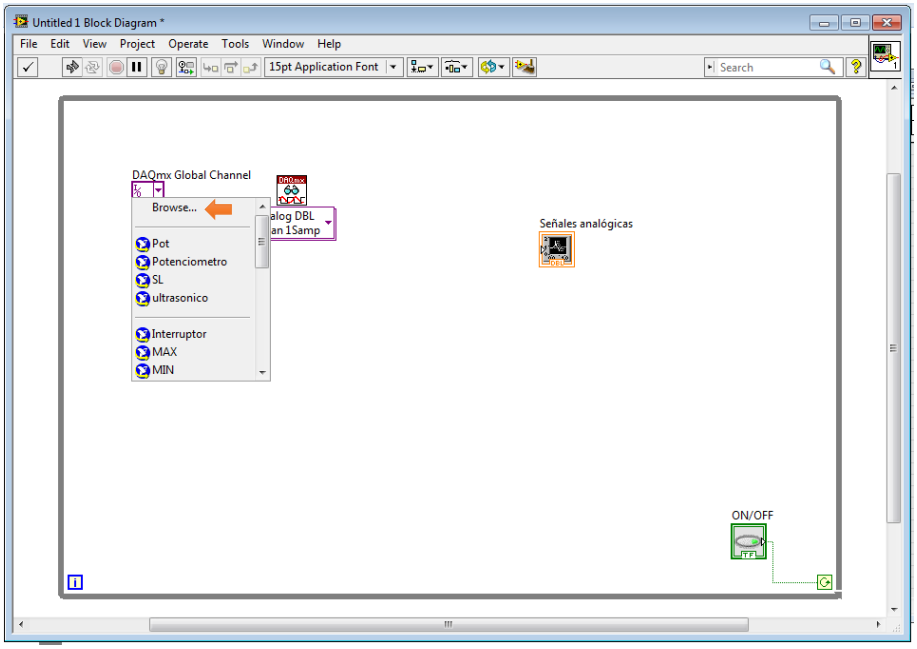
Insertando canal de entrada analógico.

Arrastramos un *DAQmx Global Channel* y un *DAQmx Read vi* mediante el cual leeremos la señal analógica y llevarla a un registrador.

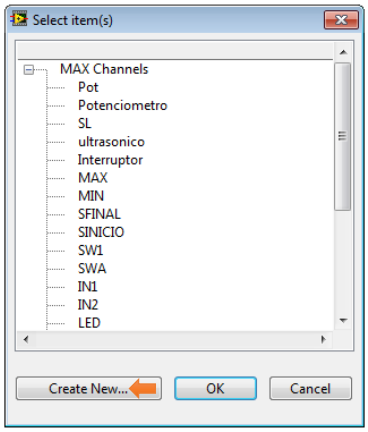




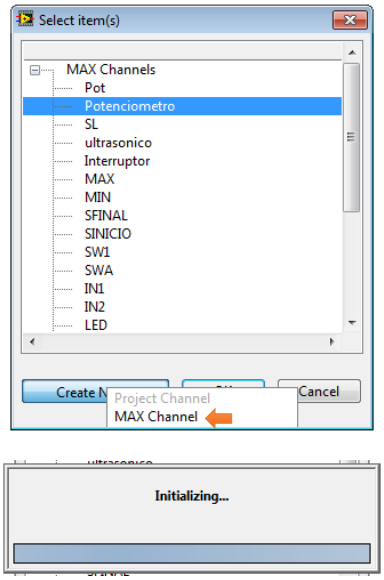
Llevamos el cursor a la flecha del *DAQmx Global Channel* hasta que el cursor cambie de flecha a una mano, entonces hacemos clic, y aparece un menú del cual escogemos *Browse….:*



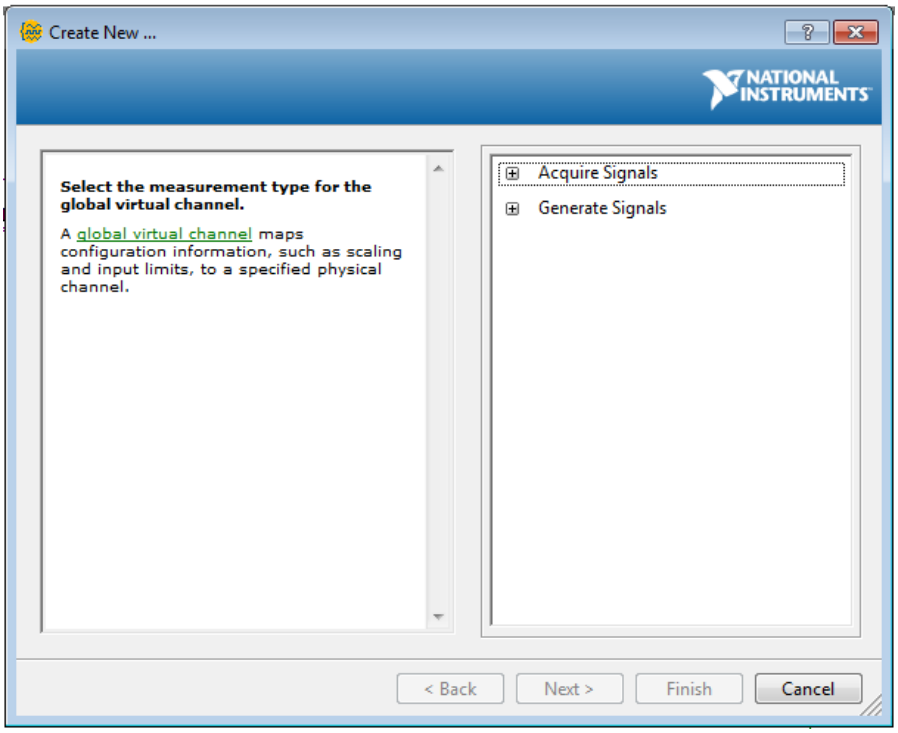
Si anteriormente ya se definieron otras comunicaciones, los canales utilizados aparecerán también. De la ventana adicional que se abre, escogemos *Create New…*



Al hacer clic en este botón aparece un menú, del cual escogemos *MAX Channel*



Aparecerá entonces la ventana para establecer el canal de comunicaciones, esta es la siguiente:


Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the measurement type for the global virtual channel.
A global virtual channel maps configuration information, such as scaling and input limits, to a specified physical channel.
Acquire Signals
Generate Signals
< Back
Next >
Finish
Cancel

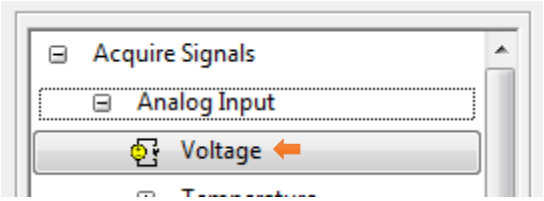
En la parte derecha de esta ventana tenemos dos menús que son *Acquire Signals* (leer señales desde sensores) y *Generate Signals* (escribir señales a actuadores). En *Acquire Signals* tenemos las siguientes posibilidades:

Acquire Signals	Analog Input	Voltaje	
		Temperatura	Iex Thermistor RTD Thermocouple Vex Thermistor
		Strain	
		Current	
		Resistance	
		Frecuency	
		Position	LVDT RVDT Eddy Current Proximity Probe
		Sound Pressure	
		Acceleration	
		Velocity (IEPE)	
		Force	Force (Bridge) Force (IEPE)
		Pressure	Pressure (Bridge)
		Torque	Torque (Bridge)
		Bridge (V/V)	
		Custom Voltage with Excitation	
	Counter Input	Edge Count	

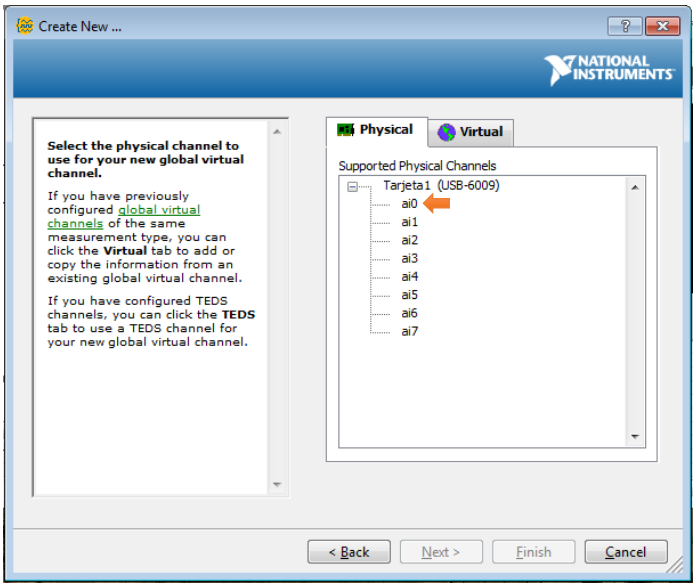
		Frecuency	
		Period	
		Pulse Width	
		Semi Period	
		Two Edge Separation	
		Position	Linear Angular
	Digital Input	Line Input	
		Port Input	
	TEDS (Sensores virtuales)		

Generate signals	Analog Output	Voltage
		Current
	Counter Output	Pulse Output
	Digital Output	Line Output
		Port Output

Como vamos a leer la señal del potenciómetro conectado a una fuente de 9 voltios que nos genera un voltaje entre 0 y 9V, entonces, para nuestro caso escogemos *Voltage* de *Analog Input* en *Acquire Signals* y presionamos el botón *Next*.

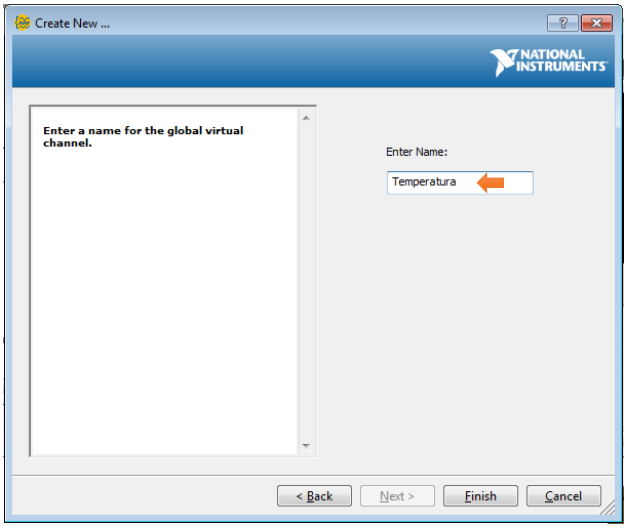


Luego de lo cual, continuará el proceso preguntándonos por el puerto en el que está conectado el sensor:


Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the physical channel to use for your new global virtual channel.
If you have previously configured global virtual channels of the same measurement type, you can click the Virtual tab to add or copy the information from an existing global virtual channel.
If you have configured TEDS channels, you can click the TEDS tab to use a TEDS channel for your new global virtual channel.
Physical
Virtual
Supported Physical Channels
Tarjeta1 (USB-6009)
ai0
ai1
ai2
ai3
ai4
ai5
ai6
ai7
< Back
Next >
Finish
Cancel

Escogemos ai0, y presionamos el botón *Next*.

A continuación ingresamos el nombre con el que se identificará el canal, le llamamos Temperatura:



Finalmente presionamos el botón *Finish*. Al finalizar el proceso de "conexión" con la tarjeta aparece la última ventana, que se conoce como la ventana de asistencia del DAQ (*DAQ Assistant*), para configurar parámetros adicionales de la señal.

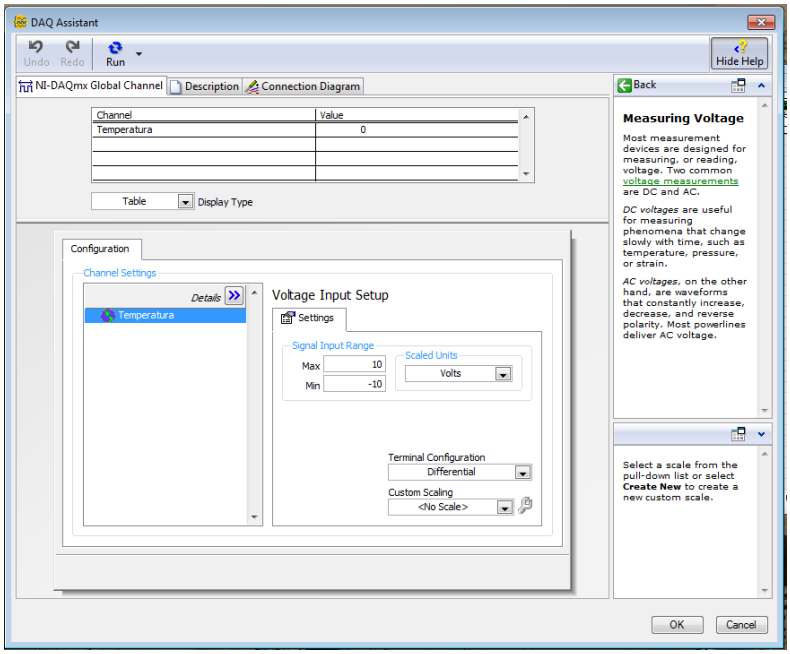
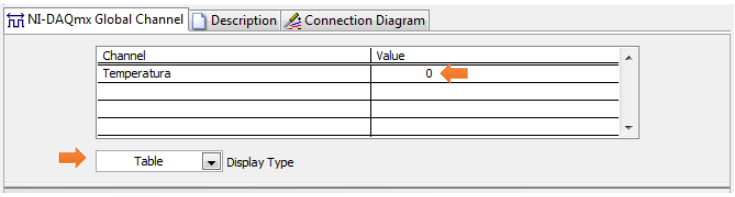
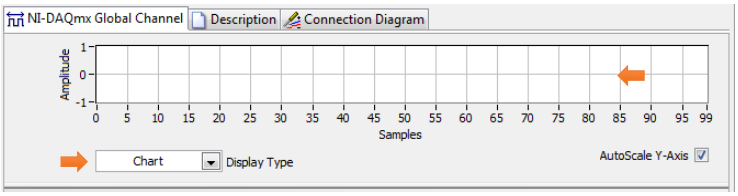


Figura 6: DAQ Assistant

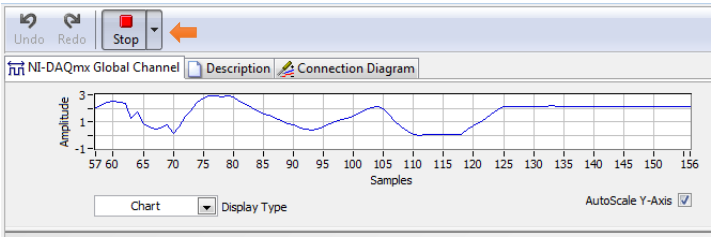
La ventana del asistente de configuración tiene tres pestañas, en la primera tenemos: en la parte superior herramientas para monitorear la señal de entrada y su presentación en tabla o gráfico:



Visualización en tabla

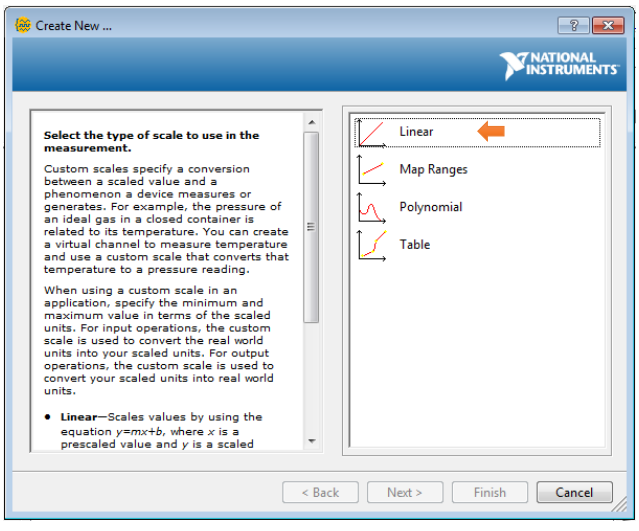


Para poder apreciar si la señal está, presente efectivamente en la entrada AI0, presionamos el botón *Run* y lo apagamos con *Stop*.

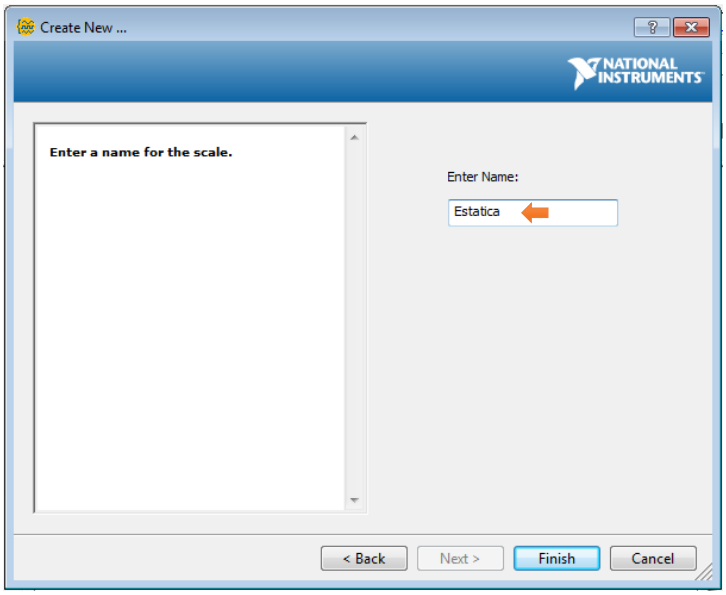


En la parte inferior de la configuramos los parámetros del canal como el rango de entrada, en *Signal Input Range*: *Max* y *Min*, las unidades de la señal en *Scale Units*, el tipo de conexión en *Terminal Configuration* y el escalamiento de señal de usuario en *Custom Scaling*.

La opción de escalamiento nos permite ajustar, la salida a la realidad de la señal física (característica estática del sensor) a través de ajustes lineales, polinomiales, por mapeo y tablas. La ventana que sale al escoger *Create New* de *Custom Scaling* es:

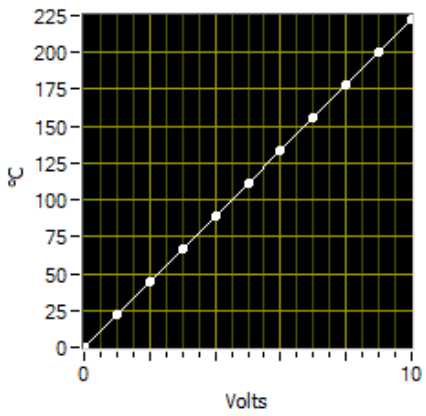

Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the type of scale to use in the measurement.
Custom scales specify a conversion between a scaled value and a phenomenon a device measures or generates. For example, the pressure of an ideal gas in a closed container is related to its temperature. You can create a virtual channel to measure temperature and use a custom scale that converts that temperature to a pressure reading.
When using a custom scale in an application, specify the minimum and maximum value in terms of the scaled units. For input operations, the custom scale is used to convert the real world units into your scaled units. For output operations, the custom scale is used to convert your scaled units into real world units.
Linear—Scales values by using the equation y=mx+b, where x is a prescaled value and y is a scaled
Linear
Map Ranges
Polynomial
Table
< Back
Next >
Finish
Cancel

Escogemos *Linear*, suponiendo una relación lineal entre la señal física de temperatura y la salida de voltaje, entonces nominamos la escala, presionando *Next*:

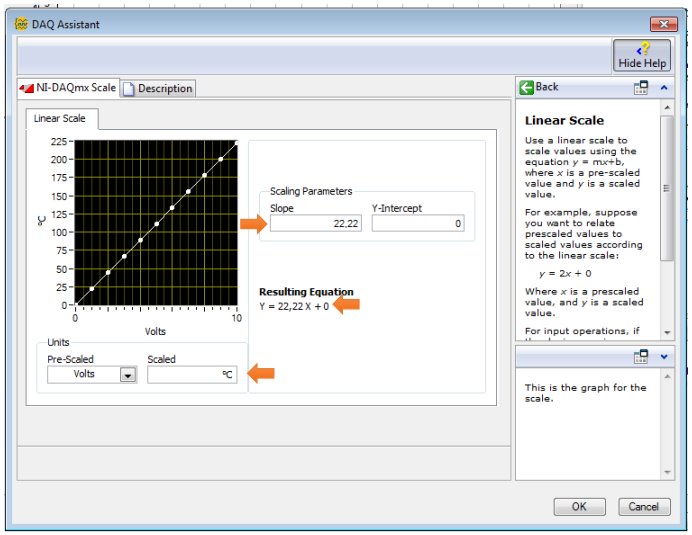


Finalmente presionamos el botón *Finish* para terminar.

Si suponemos que la salida de voltaje de 0 a 9V, corresponde a una señal de temperatura que varía entre 0 y 200 °C, la relación °C vs. V será:

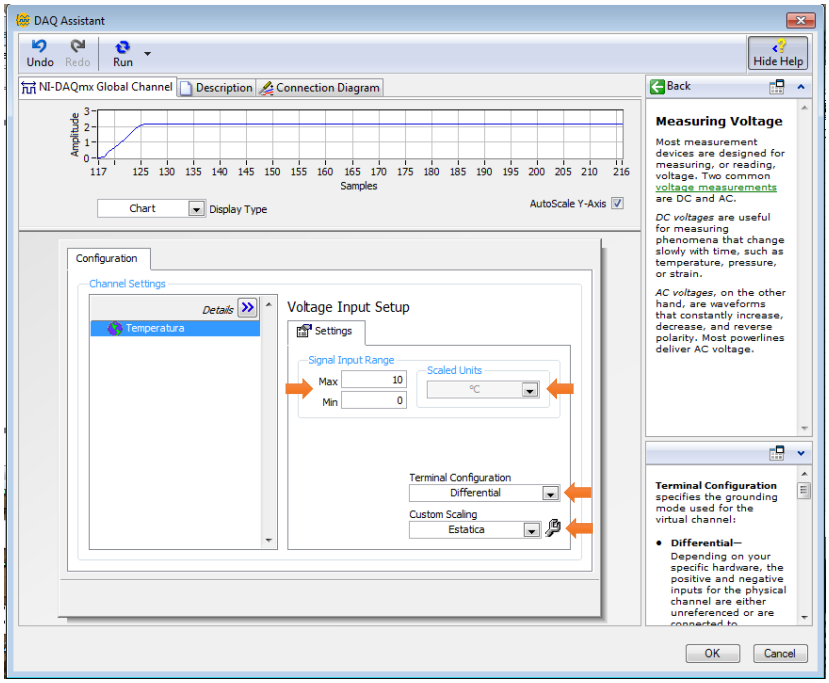


Donde la pendiente de la curva es 200/9, entonces la configuración de la escala es:



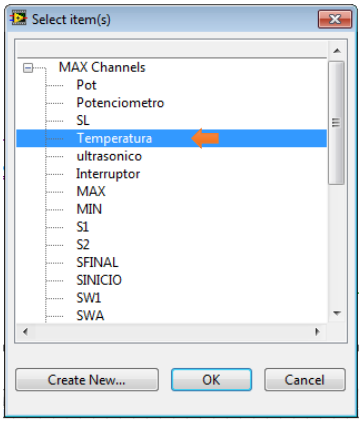
Finalizamos presionando el botón *Ok*.

Finalmente la el rango de entrada lo fijamos entre 0 y 10V y la pestaña de configuración nos quedará así:

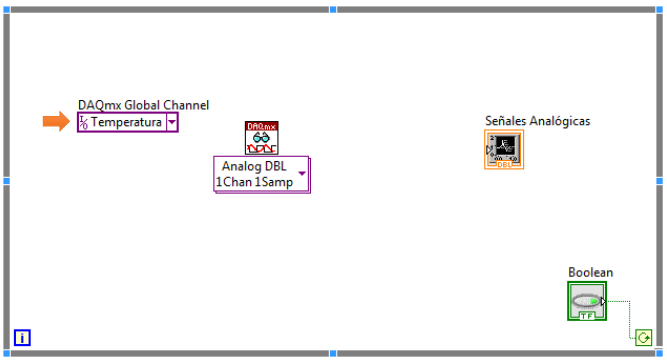


Cerramos todo, presionando *OK*.

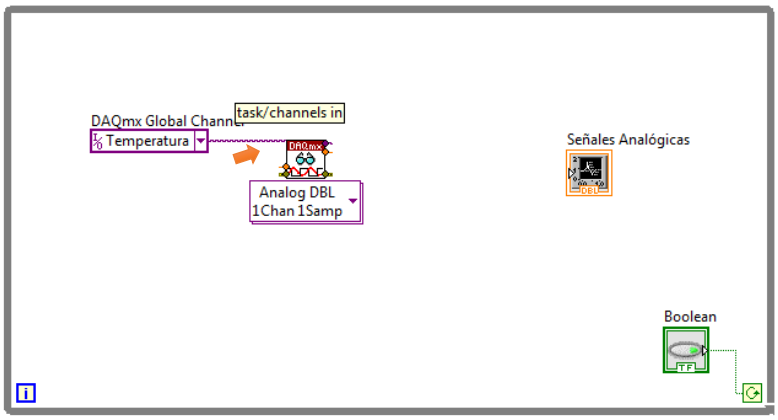
Entonces en la lista de canales que se presentó al inicio ahora ya aparece el canal creado:



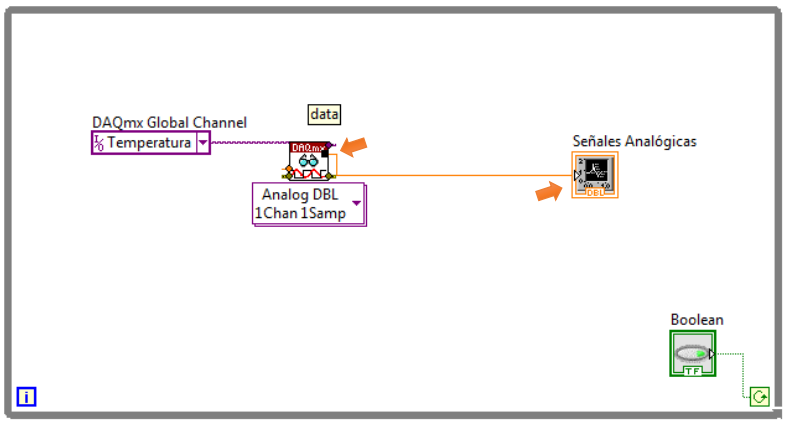
Lo escogemos simplemente presionando el botón OK. Entonces en la ventana del diagrama de bloques aparece ya el canal creado.



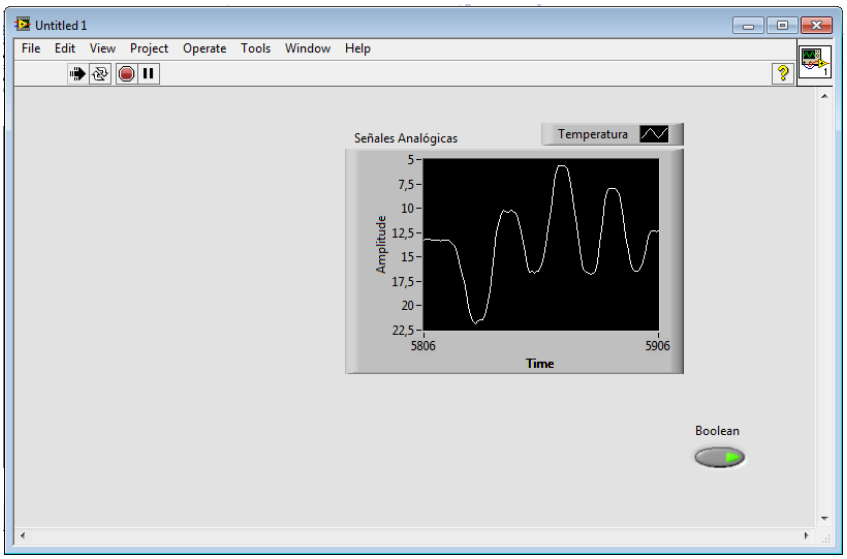
A continuación unimos la salida del canal con la entrada del VI de lectura nominada *task/channels in*, así:



Y la salida data del Vi de lectura con la entrada de dato del indicador de gráficos, así:

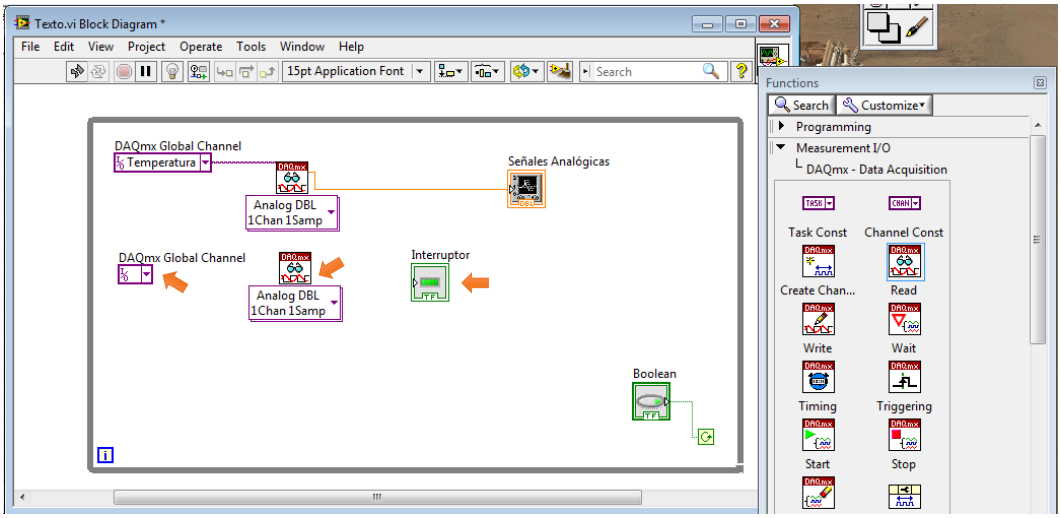


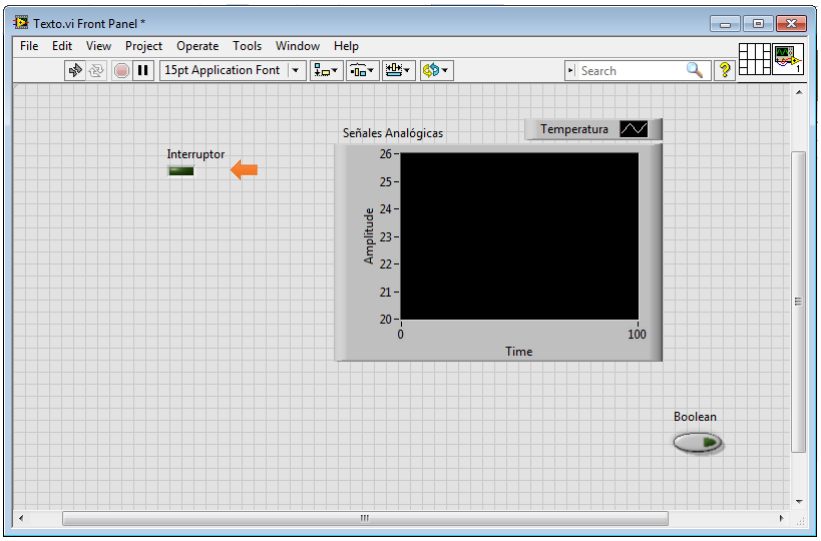
Ejecutamos la aplicación desde el Panel Frontal y lo que obtenemos es la señal de potenciómetro en el graficador:



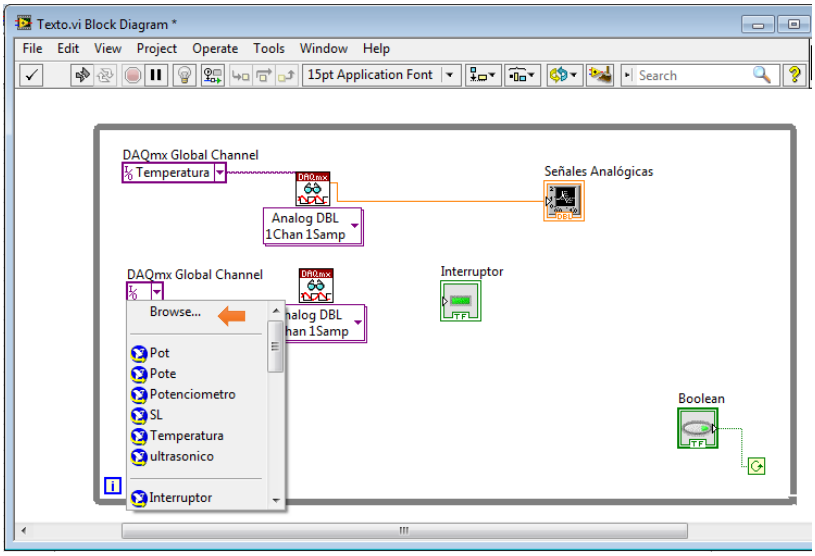
Insertando canal de entrada digital.

Al igual que la señal analógica arrastramos un *DAQmx Global Channel* y un *DAQmx Read vi* mediante el cual leeremos la señal digital que servirá para encender un LED.

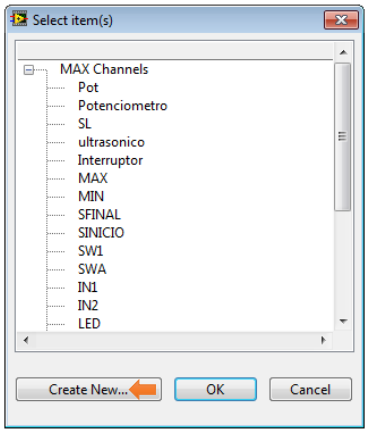




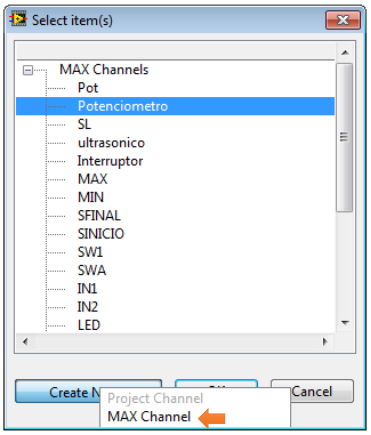
A continuación llevamos el cursor a la flecha del *DAQmx Global Channel* hasta que el cursor cambie de flecha a una mano, entonces hacemos clic, y aparece un menú del cual escogemos *Browse….*:



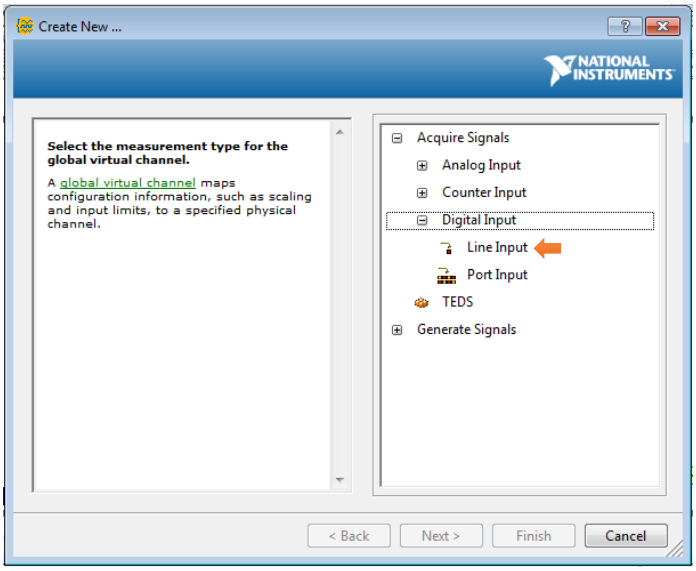
De la ventana adicional que se abre, escogemos *Create New…*



Al hacer clic en este botón aparece un menú, del cual escogemos *MAX Channel*

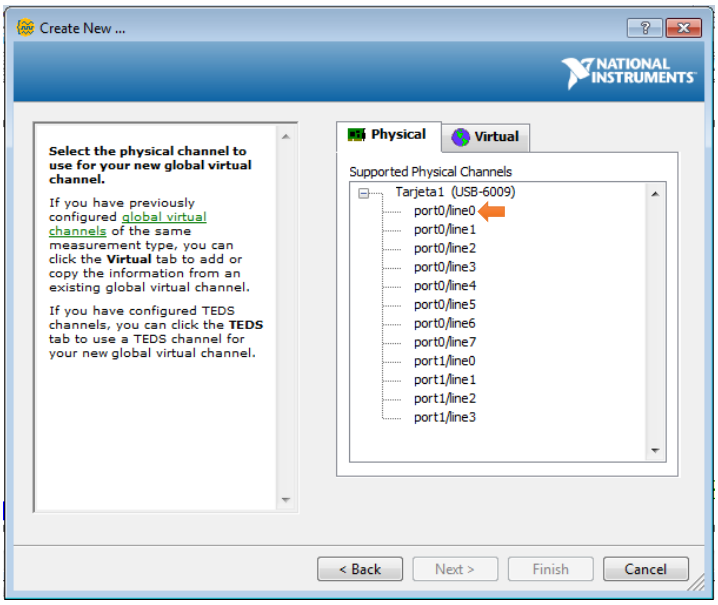


Aparecerá entonces la ventana para establecer el canal de comunicaciones. De esta ventana escogemos la opción *Line Input*, del submenú *Digital Input* en *Acquire Signals*:

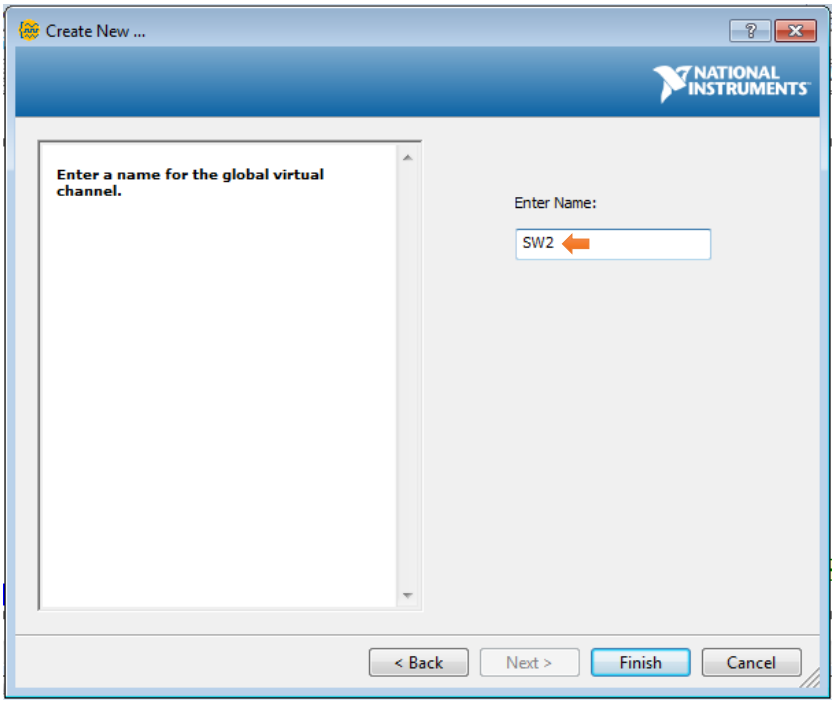


Si desearíamos leer todo un puerto, utilizaríamos la opción *Port Input*.

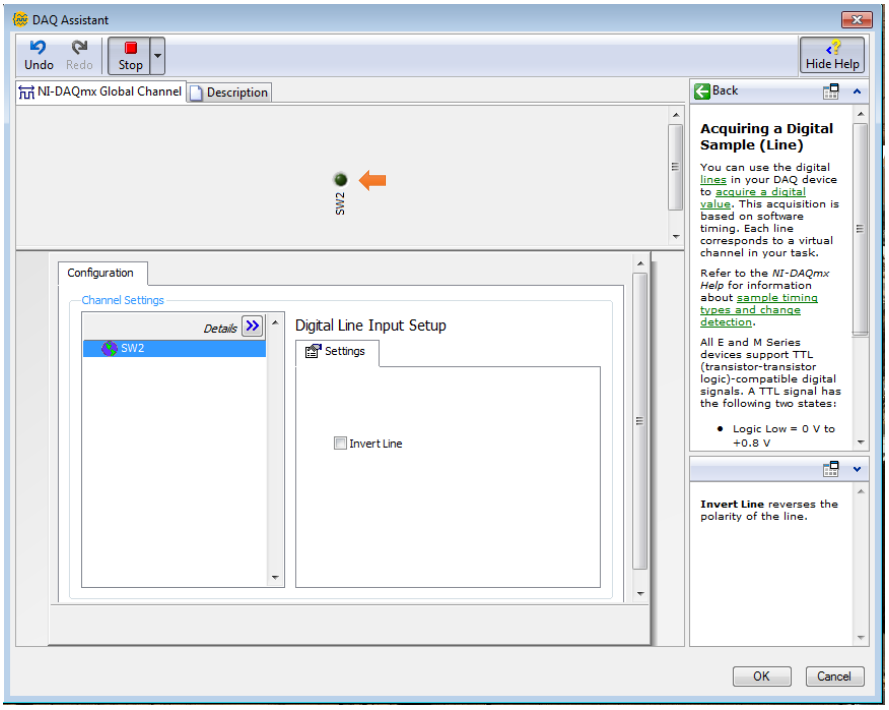
Escogemos el puerto y línea donde se encuentra la señal, en nuestro caso P0.0 (puerto 0 y línea 0):


Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the physical channel to use for your new global virtual channel.
If you have previously configured global virtual channels of the same measurement type, you can click the Virtual tab to add or copy the information from an existing global virtual channel.
If you have configured TEDS channels, you can click the TEDS tab to use a TEDS channel for your new global virtual channel.
Physical
Virtual
Supported Physical Channels
Tarjeta1 (USB-6009)
port0/line0
port0/line1
port0/line2
port0/line3
port0/line4
port0/line5
port0/line6
port0/line7
port1/line0
port1/line1
port1/line2
port1/line3
< Back
Next >
Finish
Cancel

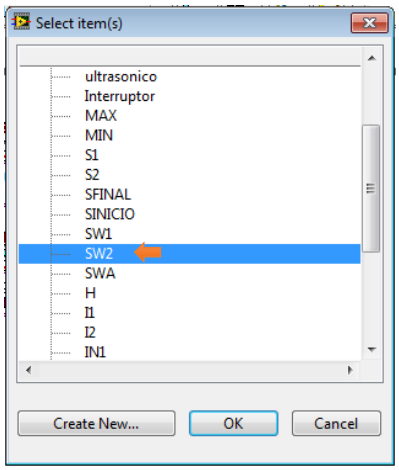
Le asignamos un nombre:



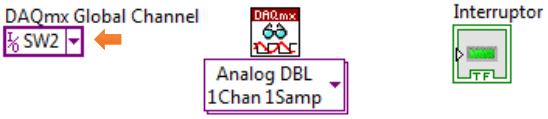
Y finalmente probamos la conexión y configuramos parámetros adicionales:


DAQ Assistant
Undo
Redo
Stop
Hide Help
NI-DAQmx Global Channel
Description
Back
SW2
Acquiring a Digital Sample (Line)
You can use the digital lines in your DAQ device to acquire a digital value. This acquisition is based on software timing. Each line corresponds to a virtual channel in your task.
Refer to the NI-DAQmx Help for information about sample timing types and change detection.
All E and M Series devices support TTL (transistor-transistor logic)-compatible digital signals. A TTL signal has the following two states:
Logic Low = 0 V to +0.8 V
Configuration
Channel Settings
Details
SW2
Digital Line Input Setup
Settings
Invert Line
Invert Line reverses the polarity of the line.
OK
Cancel

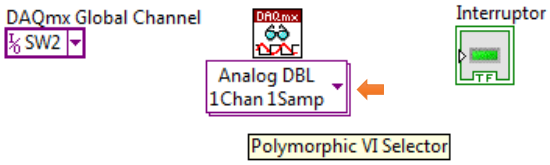
Al igual que el asistente para el analógico, en este caso en la parte superior un LED virtual nos permite determinar la correcta conexión del interruptor externo, al presionar *Run*, el LED se encenderá, si el interruptor externo se enciende y se apagara si el interruptor externo se apaga. Si queremos que el LED este encendido mientras el interruptor este apagado o se apague si en interruptor externo está presionado (lógica inversa), seleccionamos *Invert Line*. Al presionar *Ok*, regresamos a la primera ventana, la de asignación de canales, se encuentra marcado SW2.



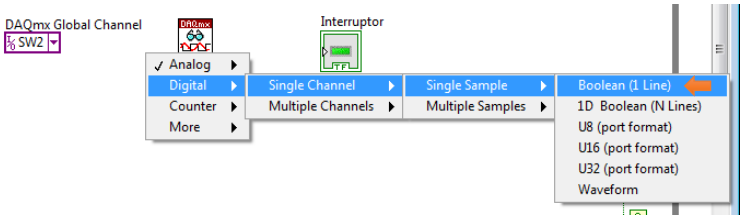
Finalmente el diagrama de Bloques queda así, al presionar *Ok*:



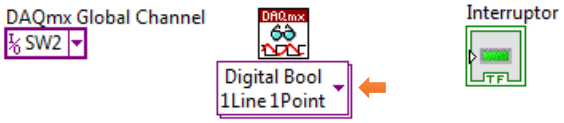
A continuación y antes de unir los elementos el VI de lectura que indica *Analog DBL 1 Chan 1 Samp*, que estaba bien para analógicos, debe cambiarse a Digital para lo cual presionamos con el cursor en forma de mano sobre la flecha.



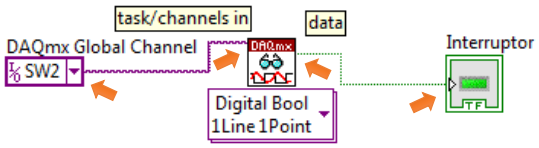
Y escogemos *Boolean (1 Line) de Single Sample* que se encuentra en *Single Chanel* de la opción *Digital*.



Con lo que queda finalmente así:



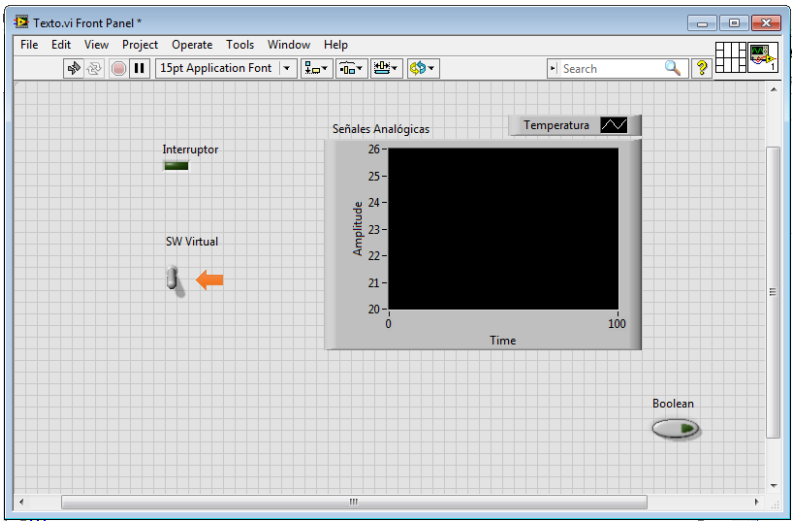
Entonces unimos los elementos:

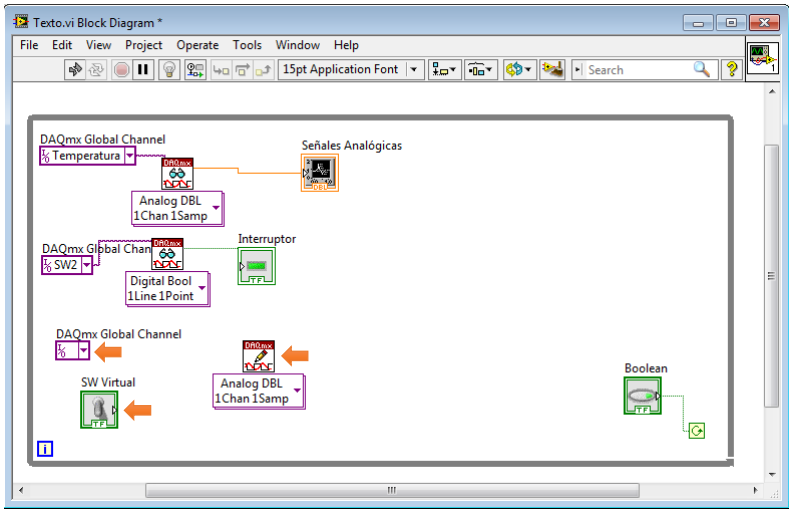


Una vez finalizada la conexión, presionamos el interruptor y el LED en el panel frontal del programa se encenderá.

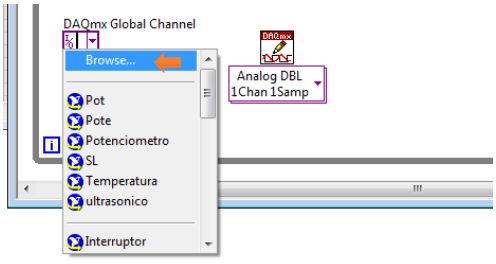
Insertando canal de salida digital.

Arrastramos un *DAQmx Global Channel* y un *DAQmx Write vi*, mediante el cual enviaremos el estado de un interruptor virtual a un LED real.

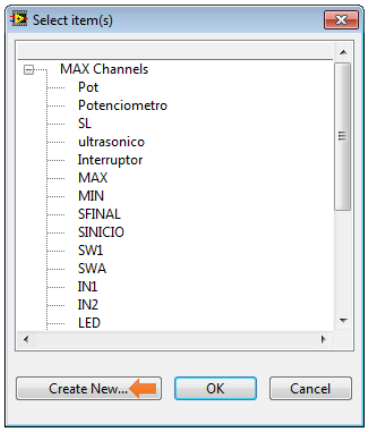




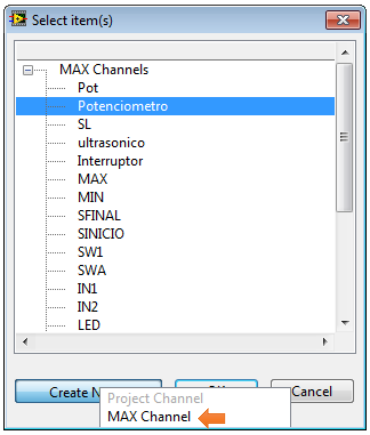
A continuación llevamos el cursor a la flecha del *DAQmx Global Channel* hasta que el cursor cambie de flecha a una mano, entonces hacemos clic, y aparece un menú del cual escogemos *Browse…*.:

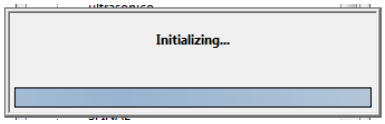


De la ventana adicional que se abre, escogemos *Create New…*

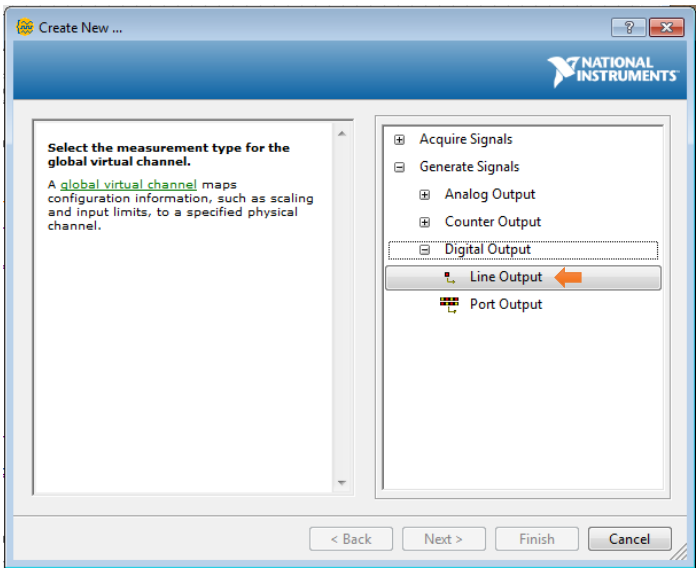


Al hacer clic en este botón aparece un menú, del cual escogemos *MAX Channel*

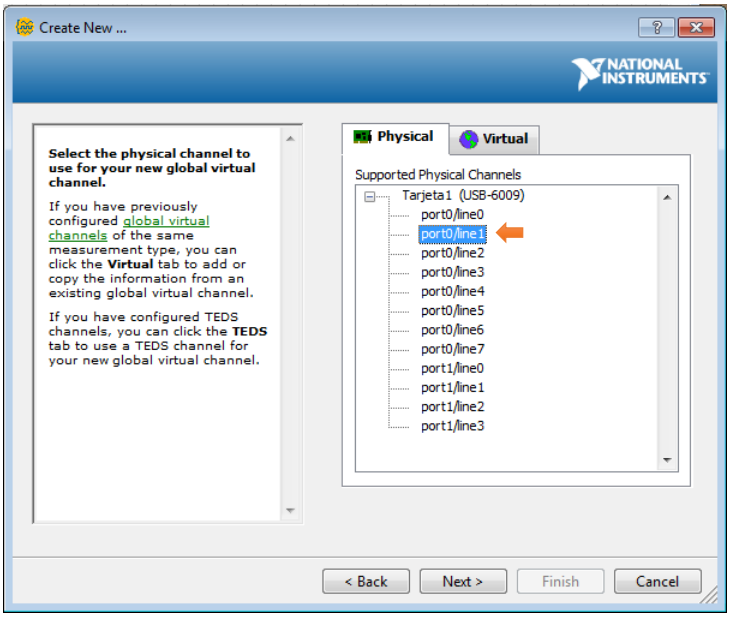




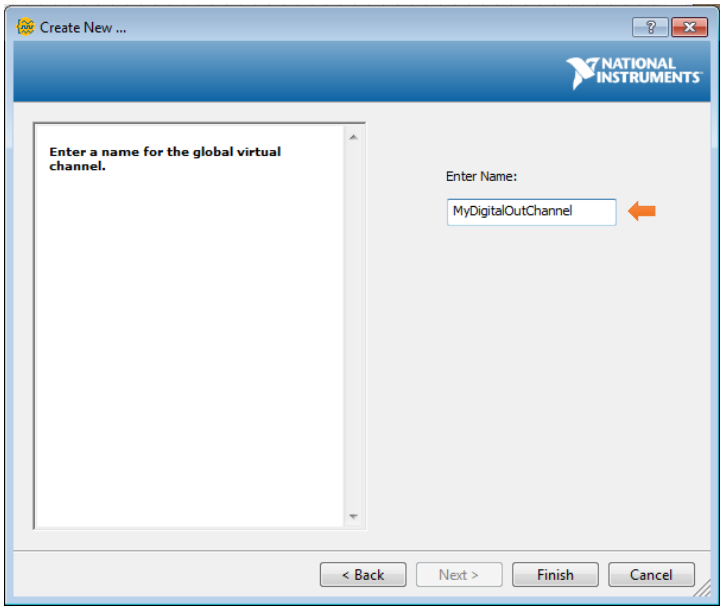
Aparecerá entonces la ventana para establecer el canal de comunicaciones. De esta ventana escogemos la opción *Line Output*, del submenú *Digital Output* en *Generate Signals*:



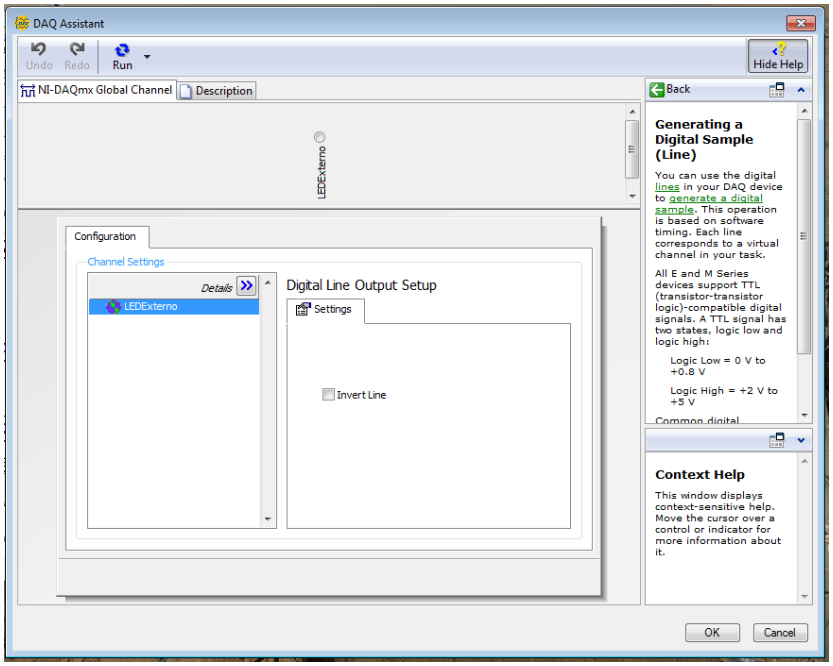
A continuación escogemos el puerto y la línea a donde se conecta el LED externo, para nuestro caso P0.1 (puerto 0 y línea 1):


Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the physical channel to use for your new global virtual channel.
If you have previously configured global virtual channels of the same measurement type, you can click the Virtual tab to add or copy the information from an existing global virtual channel.
If you have configured TEDS channels, you can click the TEDS tab to use a TEDS channel for your new global virtual channel.
Physical
Virtual
Supported Physical Channels
Tarjeta1 (USB-6009)
port0/line0
port0/line1
port0/line2
port0/line3
port0/line4
port0/line5
port0/line6
port0/line7
port1/line0
port1/line1
port1/line2
port1/line3
< Back
Next >
Finish
Cancel

Presionamos el botón *Next* para nominar al canal de salida, en la ventana que aparece en el campo *Enter Name*:

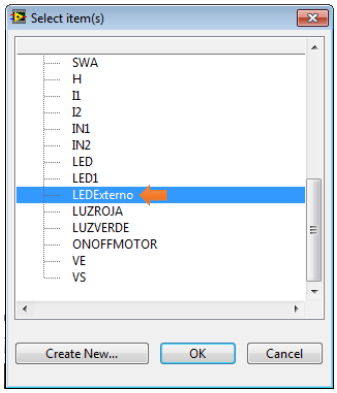


Y luego presionamos el botón *Finish*, entonces finalmente sale el asistente de configuración:

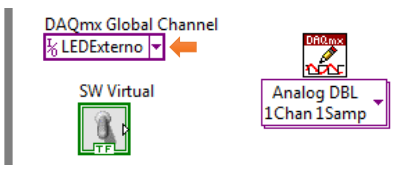

DAQ Assistant
Undo
Redo
Run
Hide Help
NI-DAQmx Global Channel
Description
LEDExterno
Configuration
Channel Settings
Details
LEDExterno
Digital Line Output Setup
Settings
Invert Line
Back
Generating a Digital Sample (Line)
You can use the digital lines in your DAQ device to generate a digital sample. This operation is based on software timing. Each line corresponds to a virtual channel in your task.
All E and M Series devices support TTL (transistor-transistor logic)-compatible digital signals. A TTL signal has two states, logic low and logic high:
Logic Low = 0 V to +0.8 V
Logic High = +2 V to +5 V
Common digital
Context Help
This window displays context-sensitive help. Move the cursor over a control or indicator for more information about it.
OK
Cancel

En la parte superior de la ventana tenemos la zona de prueba, que se activa al presionar el botón *Run*, luego de lo cual puedo seleccionar el círculo, y el LED externo, si se encuentra bien conectado debe prenderse y apagarse. En la pestaña *Settings* podemos cambiar la lógica de operación del canal de salida digital. Una vez terminada la configuración presionamos *Ok* o simplemente cerramos la ventana.

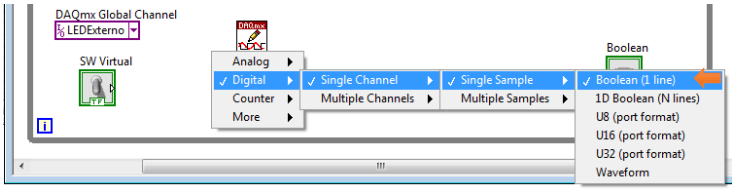
Entonces regresamos a la primera ventana del proceso, donde aparecerá el canal creado:



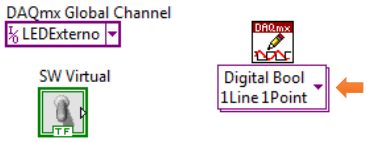
Finalmente el diagrama de Bloques queda así, al presionar Ok:



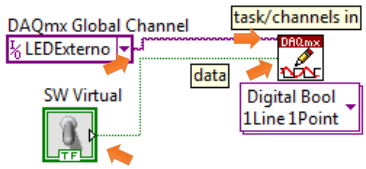
A continuación y antes de unir los elementos, el VI de escritura que indica *Analog DBL 1 Chan 1 Samp*, que estaba bien para analógicos, debe cambiarse a Digital para lo cual presionamos con el cursor en forma de mano sobre la flecha



Escogemos *Boolean (1 Line)* de *Single Sample* que se encuentra en *Single Chanel* de la opción *Digital*. Quedándonos finalmente:



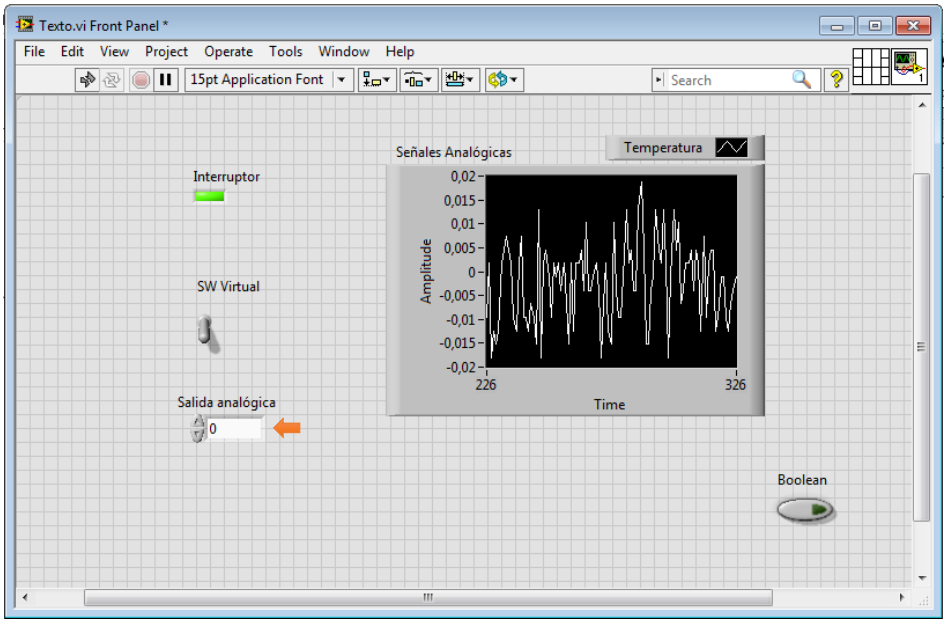
Entonces procedemos a unir, como se observa en el siguiente gráfico:

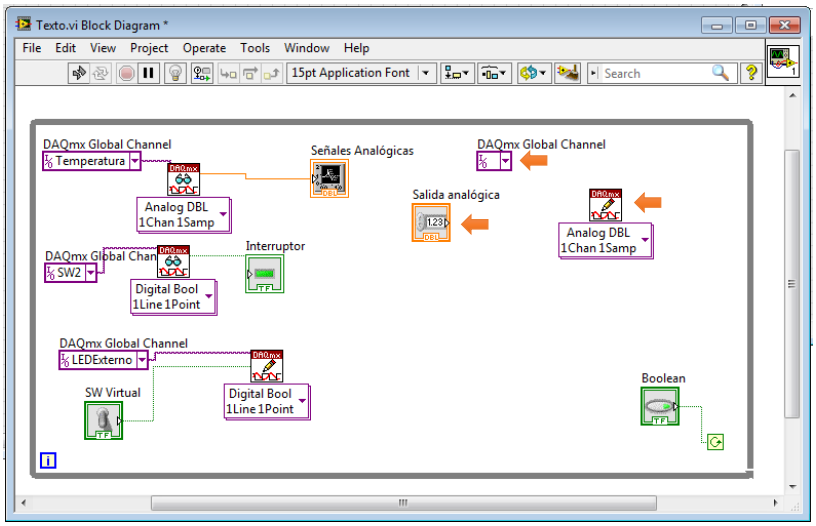


Una vez finalizada la conexión, al ejecutar la aplicación, presionamos el interruptor virtual y el LED en el protoboard se encenderá.

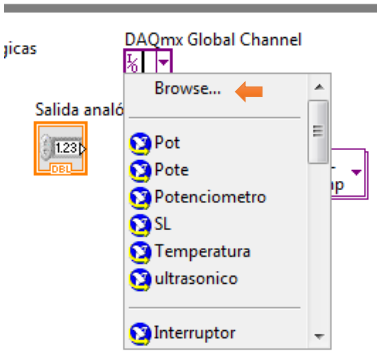
Insertando canal de salida analógico.

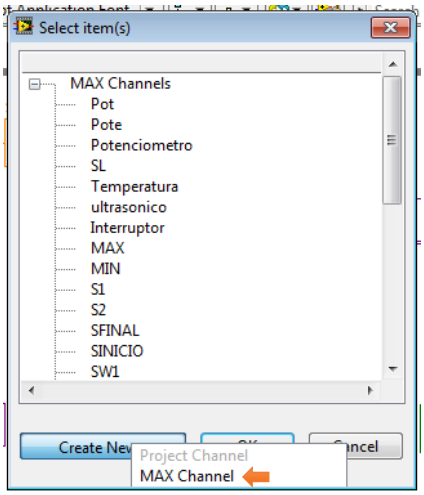
Arrastramos un *DAQmx Global Channel* y un *DAQmx Write vi*, mediante el cual indicaremos el valor de la salida que quiero enviar, cuyo valor lo ingresamos en un cuadro numérico.

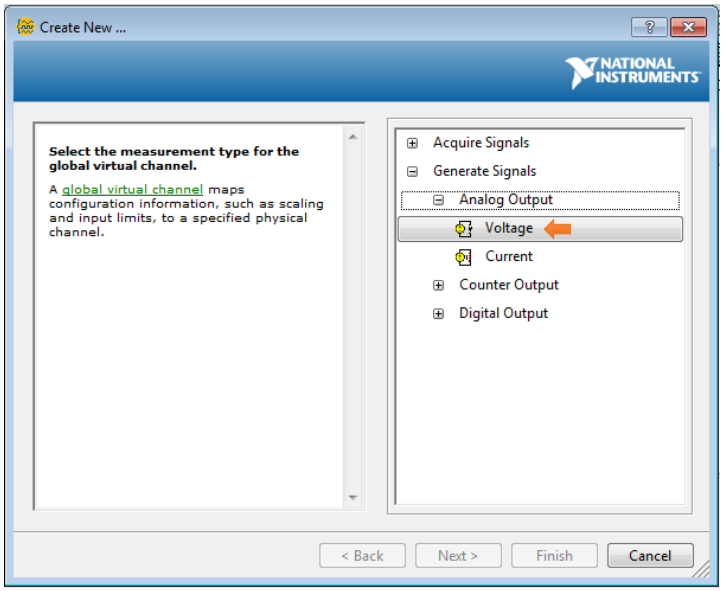




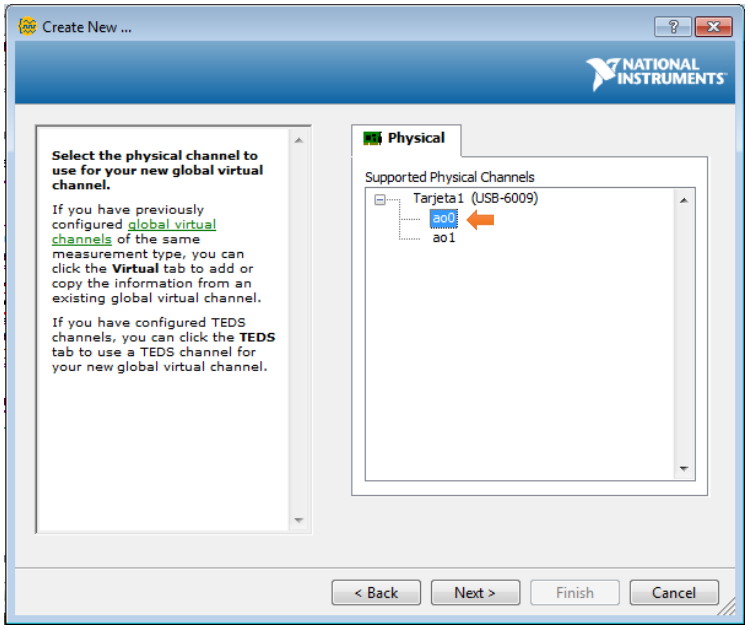
Configuramos canal de salida:



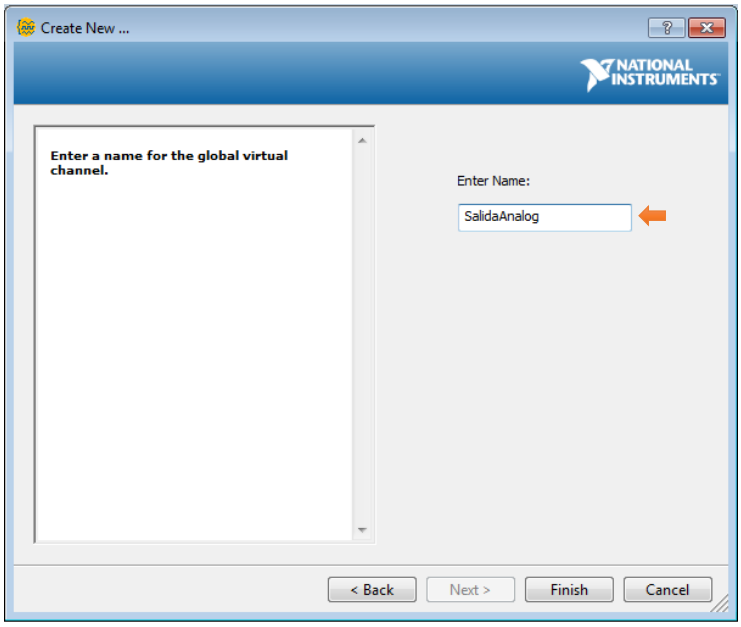




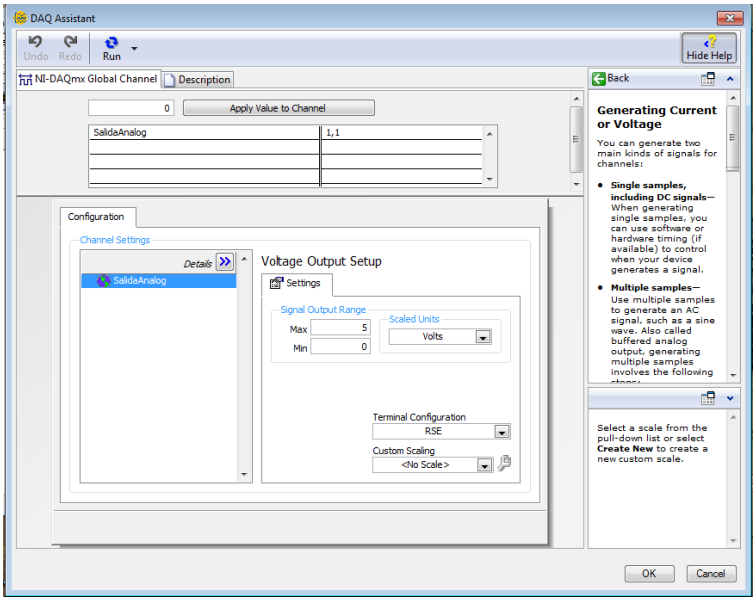
Para el caso de las salidas analógicas, como se ve en la última ventana, hay solo dos posibilidades: voltaje (*Voltage*) y corriente (*Current*). Escogemos voltaje.


Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the physical channel to use for your new global virtual channel.
If you have previously configured global virtual channels of the same measurement type, you can click the Virtual tab to add or copy the information from an existing global virtual channel.
If you have configured TEDS channels, you can click the TEDS tab to use a TEDS channel for your new global virtual channel.
Physical
Supported Physical Channels
Tarjeta1 (USB-6009)
ao0
ao1
< Back
Next >
Finish
Cancel

La salida la tomamos por AO0. A continuación nominamos el canal:

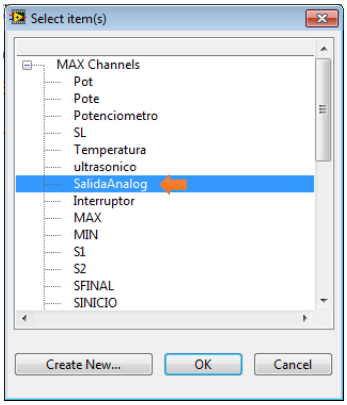


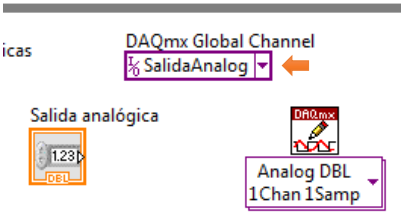
Y terminamos de configurar la salida:


DAQ Assistant
Undo
Redo
Run
Hide Help
NI-DAQmx Global Channel
Description
Apply Value to Channel
SalidaAnalog
Configuration
Channel Settings
Details
Voltage Output Setup
Settings
Signal Output Range
Max
Min
Scaled Units
Volts
Terminal Configuration
RSE
Custom Scaling
<No Scale>
Back
Generating Current or Voltage
You can generate two main kinds of signals for channels:
Single samples, including DC signals—When generating single samples, you can use software or hardware timing (if available) to control when your device generates a signal.
Multiple samples—Use multiple samples to generate an AC signal, such as a sine wave. Also called buffered analog output, generating multiple samples involves the following
Select a scale from the pull-down list or select Create New to create a new custom scale.
OK
Cancel

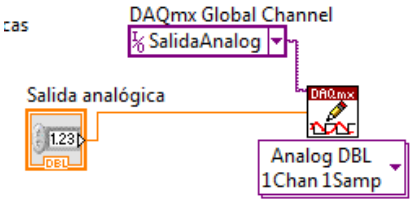
Para poder chequear la salida analógica, en el cuadro numérico, junto al botón *Apply Value to Channel*, colocamos un valor dentro del rango de la señal de salida indicada en *Signal Output Range*. Para que el voltaje salga efectivamente al canal tenemos que presionar el botón citado. El rango indicado en *Signal Output Range* y lo podemos cambiar variando los valores de *Max* y *Min*. En *Terminal Configuration* escogemos el tipo de conexión real de la salida, la DAQ que utilizamos solo tiene salida simple referenciada a tierra o RSE, finalmente como en el caso de las entradas digitales, podemos aplicar nuestra propia escala, escogiendo la opción *Create New…* en *Custom Scaling*.

Al presionar *Ok*, regresamos a la ventana principal y aplicamos en nombre creado al canal:





Entonces procedemos a conectar:

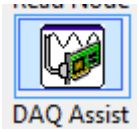


La salida del cuadro numérico con la entrada de *data* del VI y la salida del canal creado con *tasks/channels in* en el VI.

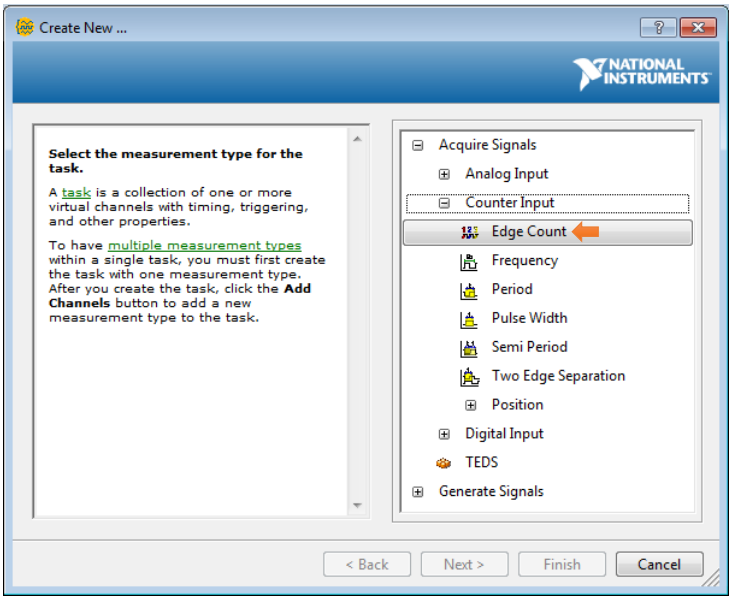
Al ejecutar la aplicación, el valor que le coloquemos en el cuadro numérico, se transformara en un voltaje de salida de ese valor en AO0, con respecto a tierra.

Insertando canal de entrada para pulsos (contador).

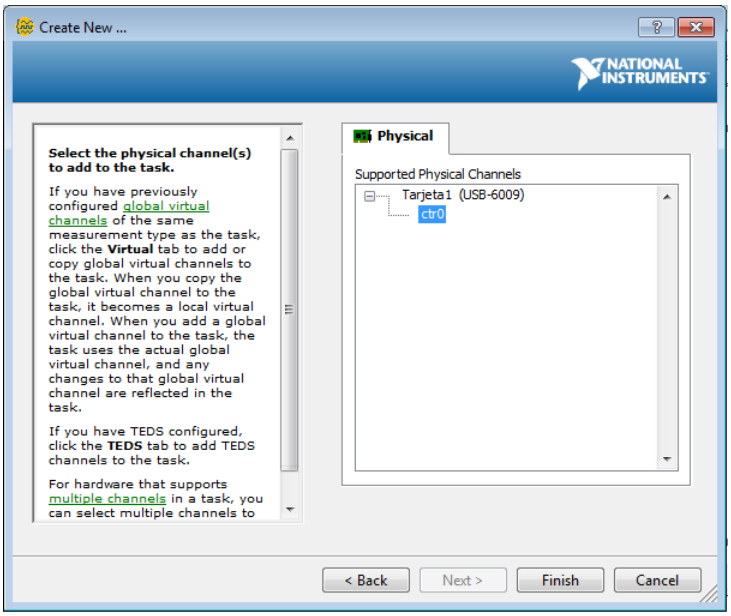
Para insertar esta entrada, y dado la complejidad del procesamiento de los datos, es preferible hacerlo a través del *DAQ Assist*, para lo cual en el menú *DAQmx* de *Measurement I/O*, escogemos el icono:



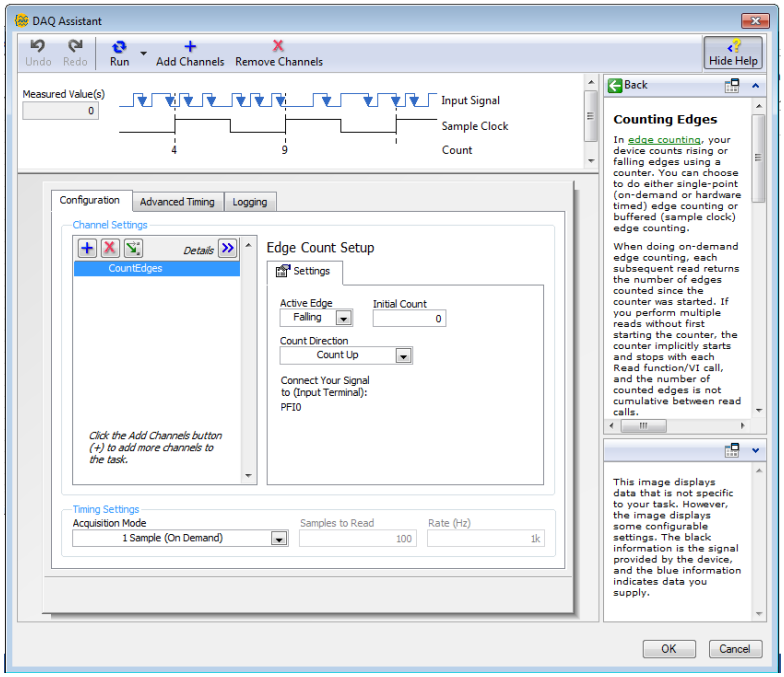
Y lo arrastramos al programa, entonces aparece la ventana del asistente, donde escogemos *Edge Count*, del menú *Counter Input* en *Acquired Signal*. Las otras opciones no están habilitadas para la USB 6009.


Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the measurement type for the task.
A task is a collection of one or more virtual channels with timing, triggering, and other properties.
To have multiple measurement types within a single task, you must first create the task with one measurement type. After you create the task, click the Add Channels button to add a new measurement type to the task.
Acquire Signals
Analog Input
Counter Input
Edge Count
Frequency
Period
Pulse Width
Semi Period
Two Edge Separation
Position
Digital Input
TEDS
Generate Signals
< Back
Next >
Finish
Cancel

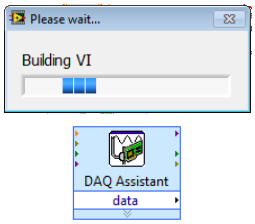
Entonces seleccionamos el único canal de entrada de pulsos que tiene la tarjeta, indicado como *ctr0* y cuyo borne físico es *PFI0*:


Create New ...
NATIONAL INSTRUMENTS
Select the physical channel(s) to add to the task.
If you have previously configured global virtual channels of the same measurement type as the task, click the Virtual tab to add or copy global virtual channels to the task. When you copy the global virtual channel to the task, it becomes a local virtual channel. When you add a global virtual channel to the task, the task uses the actual global virtual channel, and any changes to that global virtual channel are reflected in the task.
If you have TEDS configured, click the TEDS tab to add TEDS channels to the task.
For hardware that supports multiple channels in a task, you can select multiple channels to
Physical
Supported Physical Channels
Tarjeta1 (USB-6009)
ctr0
< Back
Next >
Finish
Cancel

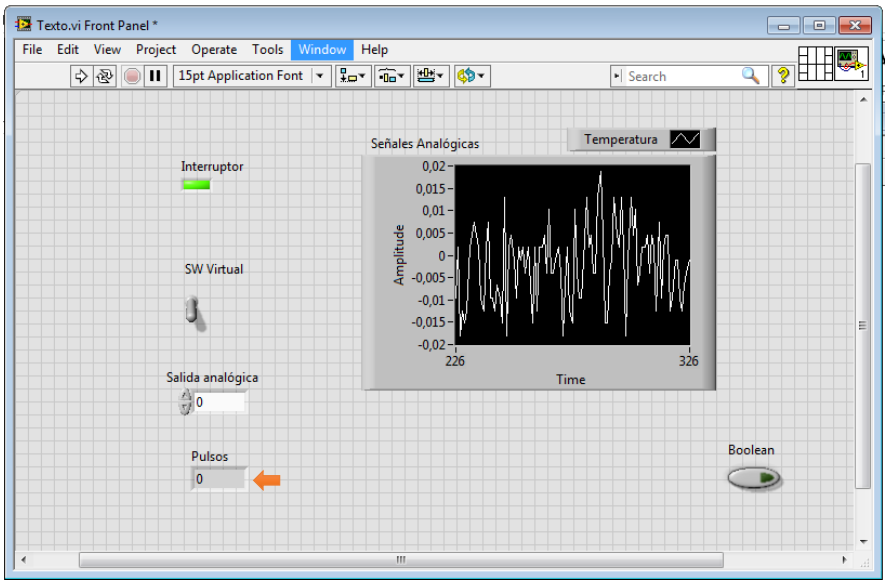
Entonces presionamos el botón *Finish*, para que nos aparezca la ventana de configuración.

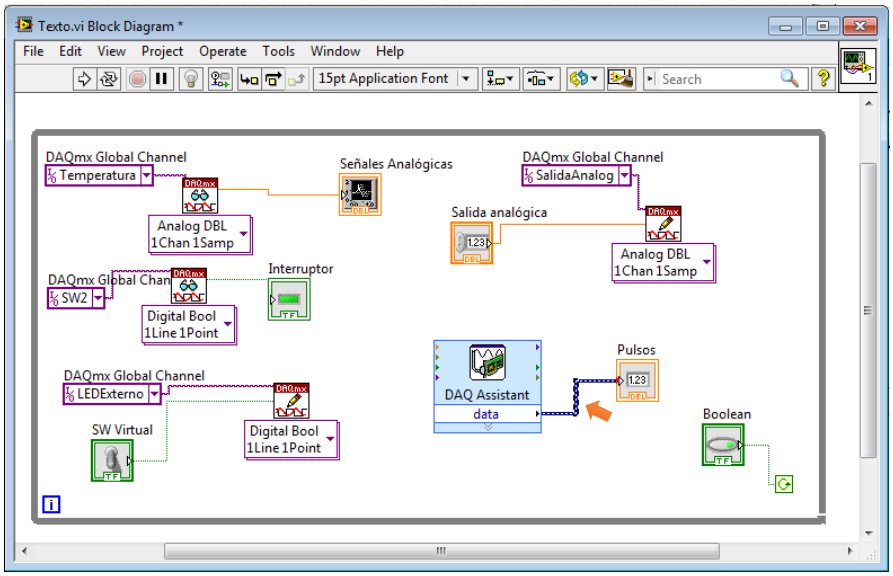

DAQ Assistant
Undo
Redo
Run
Add Channels
Remove Channels
Hide Help
Measured Value(s)
0
Input Signal
Sample Clock
Count
4
9
Back
Counting Edges
In edge counting, your device counts rising or falling edges using a counter. You can choose to do either single-point (on-demand or hardware timed) edge counting or buffered (sample clock) edge counting.
When doing on-demand edge counting, each subsequent read returns the number of edges counted since the counter was started. If you perform multiple reads without first starting the counter, the counter implicitly starts and stops with each Read function/VI call, and the number of counted edges is not cumulative between read calls.
Configuration
Advanced Timing
Logging
Channel Settings
Details
CountEdges
Edge Count Setup
Settings
Active Edge
Falling
Initial Count
0
Count Direction
Count Up
Connect Your Signal to (Input Terminal):
PFI0
Click the Add Channels button (+) to add more channels to the task.
Timing Settings
Acquisition Mode
1 Sample (On Demand)
Samples to Read
100
Rate (Hz)
1k
This image displays data that is not specific to your task. However, the image displays some configurable settings. The black information is the signal provided by the device, and the blue information indicates data you supply.
OK
Cancel

Las opciones indicadas por el cuadro las mantenemos, pues son las únicas que se pueden aplicar para la USB 6009. Finalmente presionamos el botón Ok y nos queda así el diagrama de bloques.



Para observar el número asociado al conteo de pulsos en el panel frontal ubicamos un indicador numérico y el diagrama de bloques lo conectamos a la salida de datos del VI creado.





Al ejecutar la aplicación, y en función de los pulsos ingresados a la tarjeta, un numero decimal aparecerá en el indicador relacionado con el número de flancos negativos de la señal. Hay que tomar en cuenta el rebote en el caso de utilizar un interruptor para generar los pulsos.

Trabajando sin sensores reales.

No siempre resulta posible disponer de una tarjeta de adquisición de datos para trabajar, sin embargo se puede realizar procesos de programación y simulación de tareas de adquisición y control a través de los elementos virtuales que tiene LabVIEW.

Trabajemos sobre un ejemplo real sencillo:

Se dispone de un tanque de almacenamiento de agua, donde se quiere controlar el llenado y vaciado automático del tanque, realizar el programa en LabVIEW, para cumplir con este objetivo. En tanque de 12 m. de altura dispone de una válvula de entrada y una de salida. El tanque inicialmente vacío, se llena hasta un nivel máximo, por medio de la válvula de entrada y posteriormente al cerrado de la misma se vacía hasta el nivel mínimo, para volver nuevamente a llenar y continuar el proceso continuamente.

Los estados del proceso

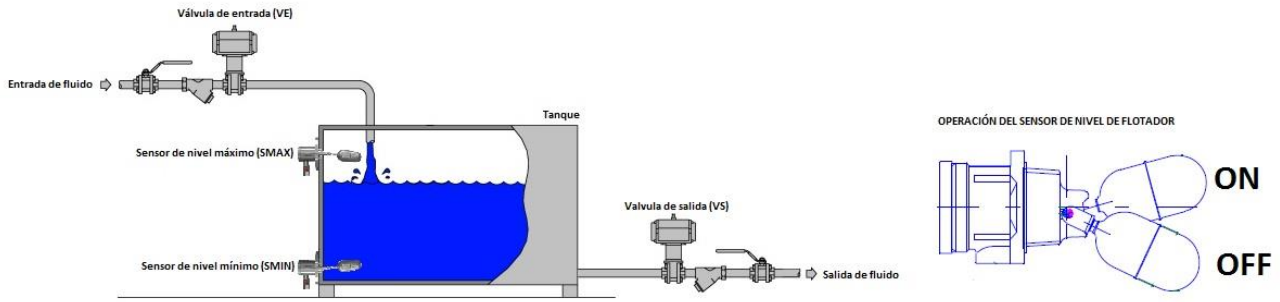


Figura 7: Proceso con interruptores de nivel

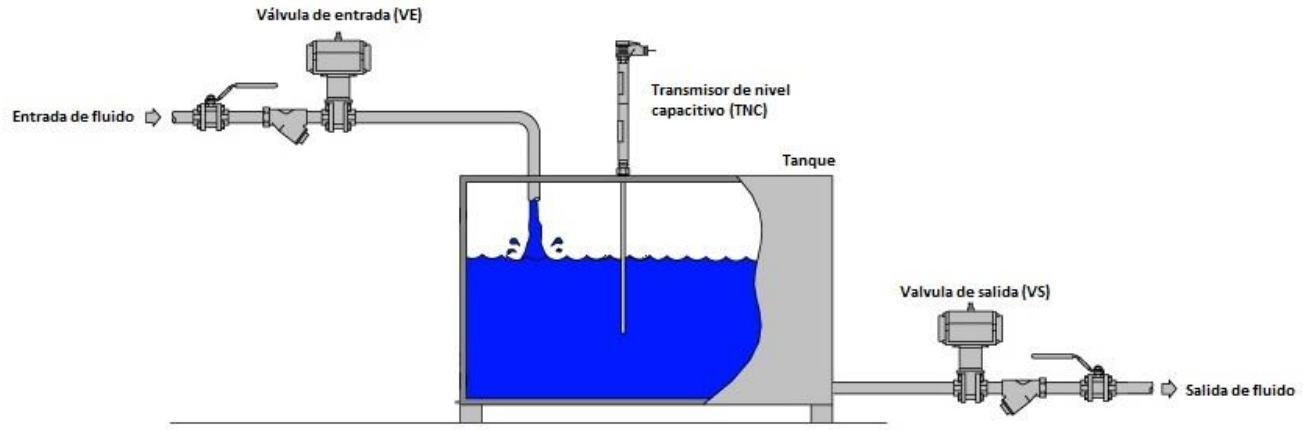


Figura 8: Proceso con medida analógica de nivel

La detección de nivel de líquido se la puede realizar mediante sensores analógicos, como por interruptores digitales, en ambos casos se puede aplicar los estados del proceso.

Con interruptores de nivel

No.	Estados	Condición de los instrumentos			
		SMIN	SMAX	VE	VS
1	El tanque se encuentra vacío. El líquido comienza a ingresar	0	0	1	0
2	El líquido ingresando alcanza al sensor de nivel mínimo	1	0	1	0
3	El líquido ingresando alcanza al sensor de nivel máximo	1	1	0	1
4	El líquido saliendo desactiva al sensor de nivel máximo	1	0	0	1
5	El líquido saliendo desactiva al sensor de nivel mínimo	0	0	1	0

Para obtener la expresión de control hay que considerar que el proceso tiene cuatro estados diferentes pues el 5to y el 1ero son los mismos.

Entonces por términos mínimos tenemos, para las válvulas:

$$VE = \overline{SMIN}.\overline{SMAX}.\overline{VS} + SMIN.\overline{SMAX}.\overline{VS}$$

$$VE = \overline{SMAX}.\overline{VS}(\overline{SMIN} + SMIN)$$

Pero, por algebra booleana tenemos que $\overline{SMIN} + SMIN = 1$ entonces:

$$VE = \overline{SMAX}.\overline{VS}$$

Y para VS tenemos

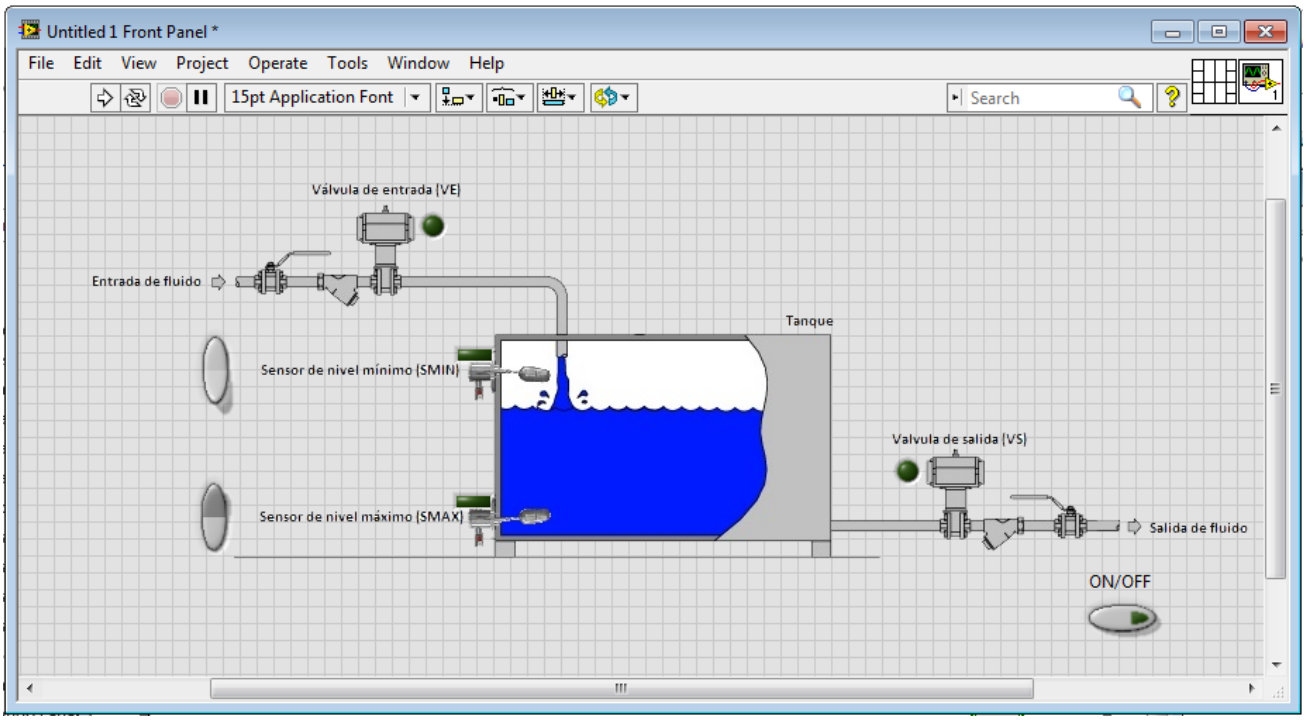
$$VS = SMIN.SMAX.\overline{VE} + SMIN.\overline{SMAX}.\overline{VE}$$

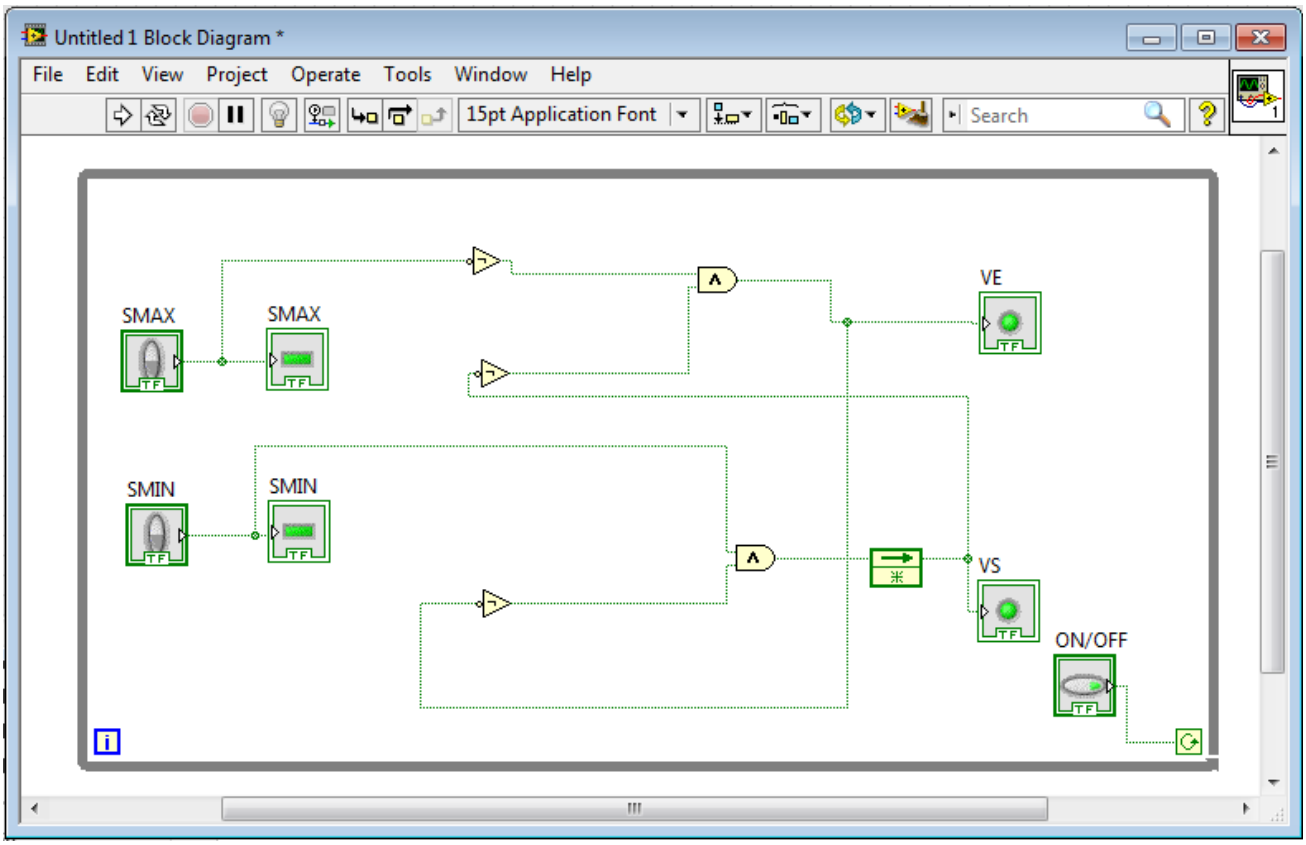
$$VS = SMIN.\overline{VE}(SMAX + \overline{SMAX})$$

Pero, por algebra booleana tenemos que $\overline{SMAX} + SMAX = 1$ entonces:

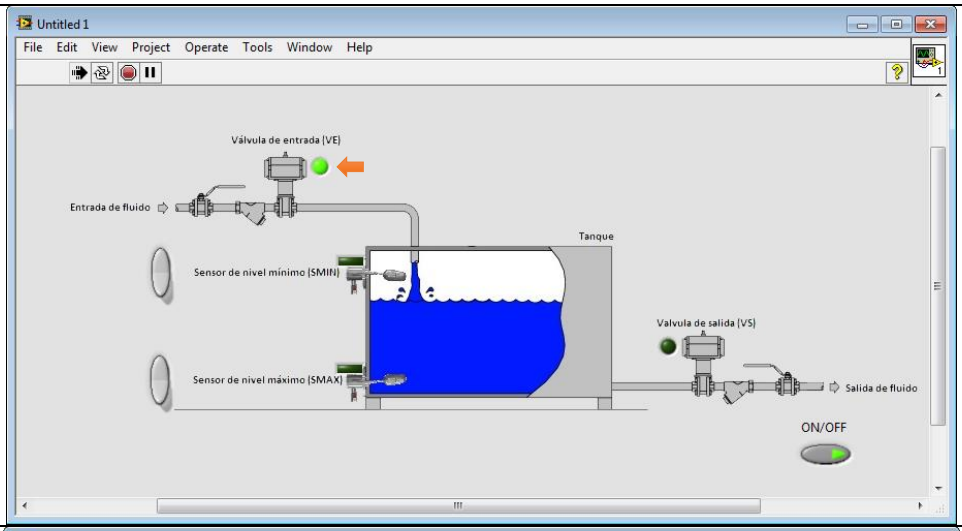
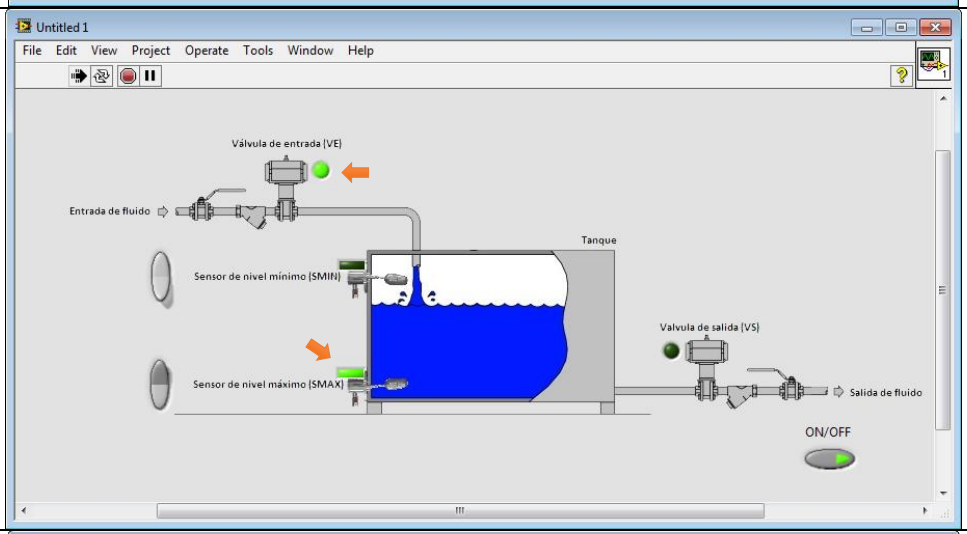
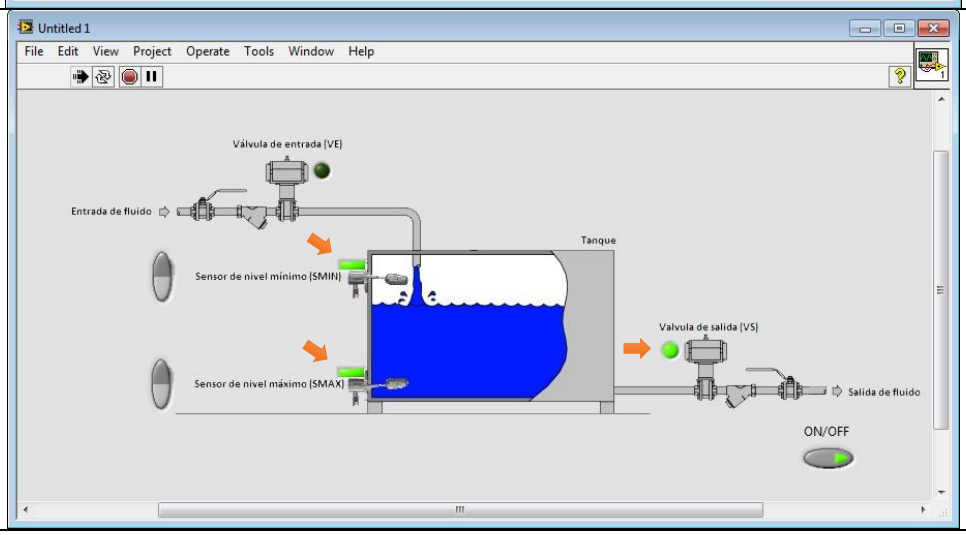
$$VS = SMIN.\overline{VE}$$

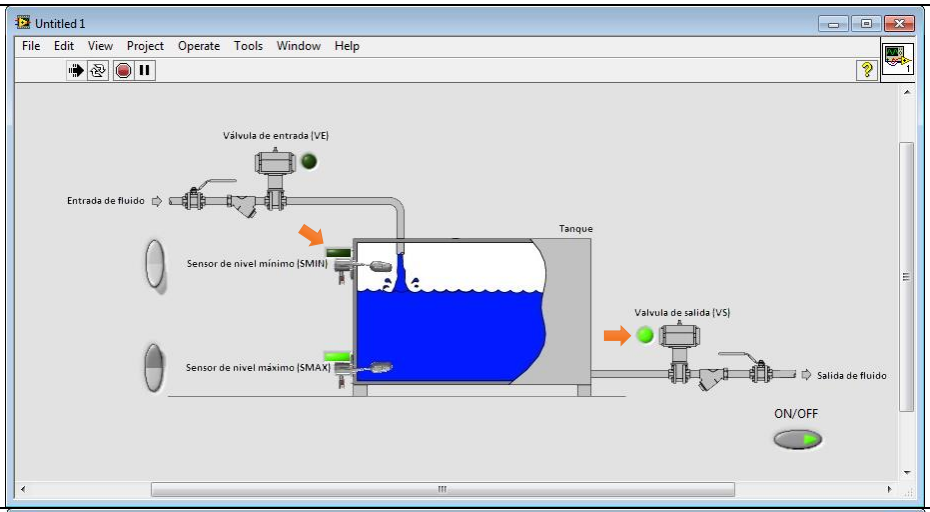
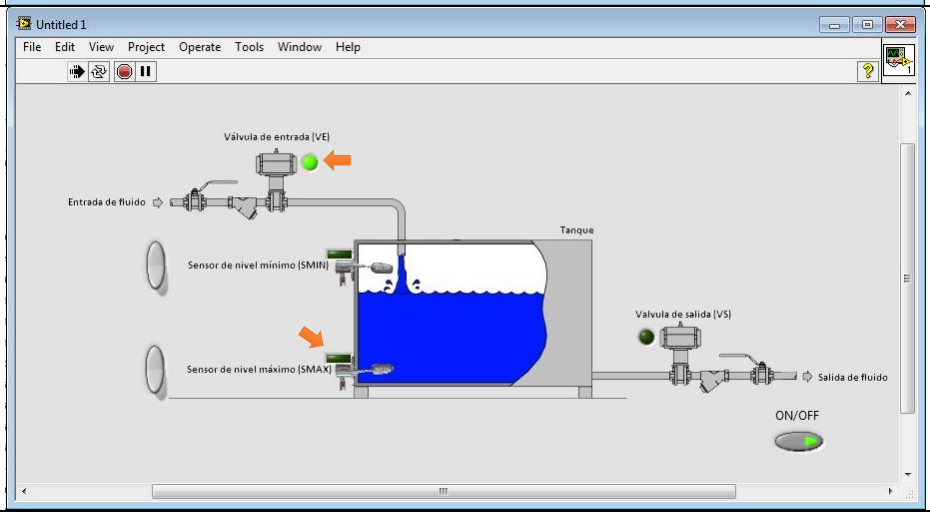
Entonces a continuación iniciamos una sesión de trabajo en LabVIEW. Incorporamos dos interruptores y dos LEDS, los primeros actuaran como SMIN y SMAX mientras que los últimos serán VS y VE:



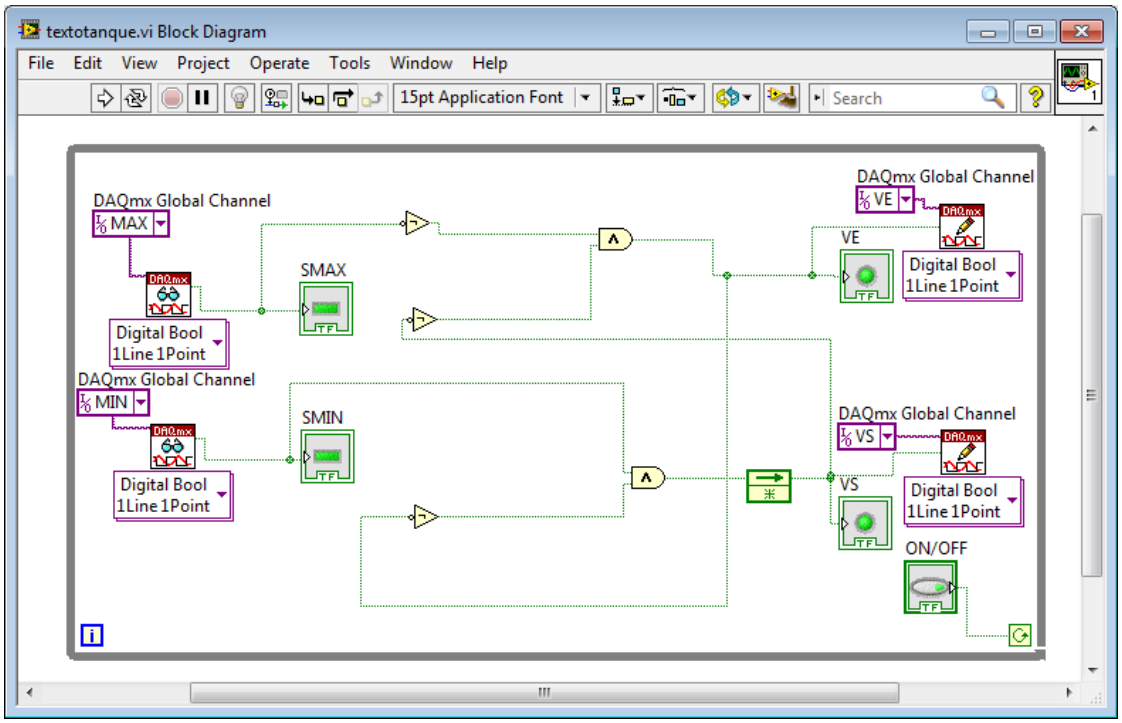


El resultado de la ejecución del programa es:

Condición	Resultado
Tanque vacío. VE encendida	
Líquido a SMIN. Llenando. VE encendida	
Líquido a SMAX. VE cerrado. VS abierto	

SMAX desactivado. Liquido bajando	
Líquido bajo de SMIN. VE abierta. Se repite el ciclo.	

Aplicando dos interruptores y dos LEDs externos que represente la instrumentación, nos quedaría:



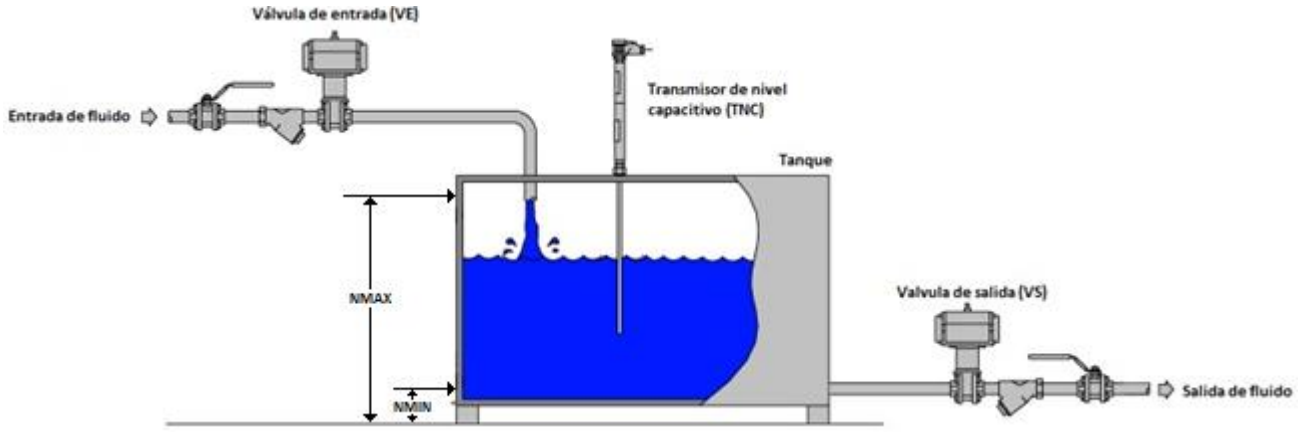
Para correr el programa con los dispositivos reales se ha hecho la sustitución:

Elemento de entrada en el programa inicial	Elemento de entrada que sustituye
SMAX	DAQmx Global Channel MAX, Digital Bool 1Line 1Point
SMIN	DAQmx Global Channel MIN, Digital Bool 1Line 1Point

A la salida se mantienen tanto el LED virtual como el real.

Elemento de salida virtual	Elemento de salida real
VE	DAQmx Global Channel VE, Digital Bool 1Line 1Point
VS	DAQmx Global Channel VS, Digital Bool 1Line 1Point

Con transmisor de nivel



Cuando utilizamos un sensor analógico, es necesario establecer valores de nivel mínimo y máximo, que son las alturas a las que estaban ubicados los dispositivos digitales del ejercicio anterior. El programa al comparar el valor arrojado por el sensor analógico con las referencias establecerá un valor de verdad que se lo puede involucrar en la tabla de valores de estados para establecer la ecuación del proceso para las válvulas.

Para este ejemplo las referencias serán NMIN = 0.5 m y NMAX = 11.5 m.

Entonces la tabla de verdad quedara así:

CON1 = TNC ≤ NMIN (condición 1)

CON2 = TNC ≤ NMAX (condición 2)

No.	Estados	Condición de los instrumentos			
		CON1	CON2	VE	VS
1	El tanque se encuentra vacío. El líquido comienza a ingresar. El líquido está bajo la referencia mínima	1	1	1	0
2	El líquido sobrepasa la referencia mínima	0	1	1	0
3	El líquido sobrepasa la referencia máxima	0	0	0	1
4	El líquido está bajo la referencia máxima	0	1	0	1
5	El líquido está bajo la referencia mínima	1	1	1	0

Los estados 1 y 5 son los mismos por lo tanto, el proceso nuevamente tiene 4 estados, de donde obtenemos las ecuaciones para VE y VS:

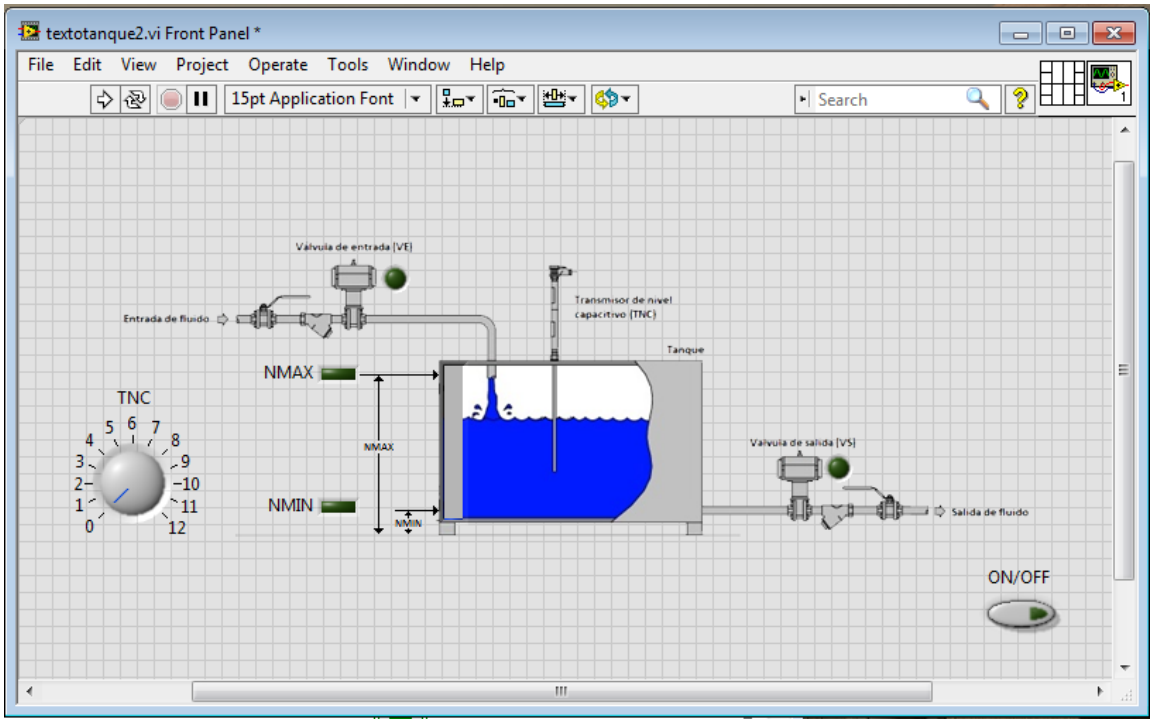
$$VE = \text{CON1}.\text{CON2}.\overline{\text{VS}} + \overline{\text{CON1}}.\text{CON2}.\overline{\text{VS}}$$

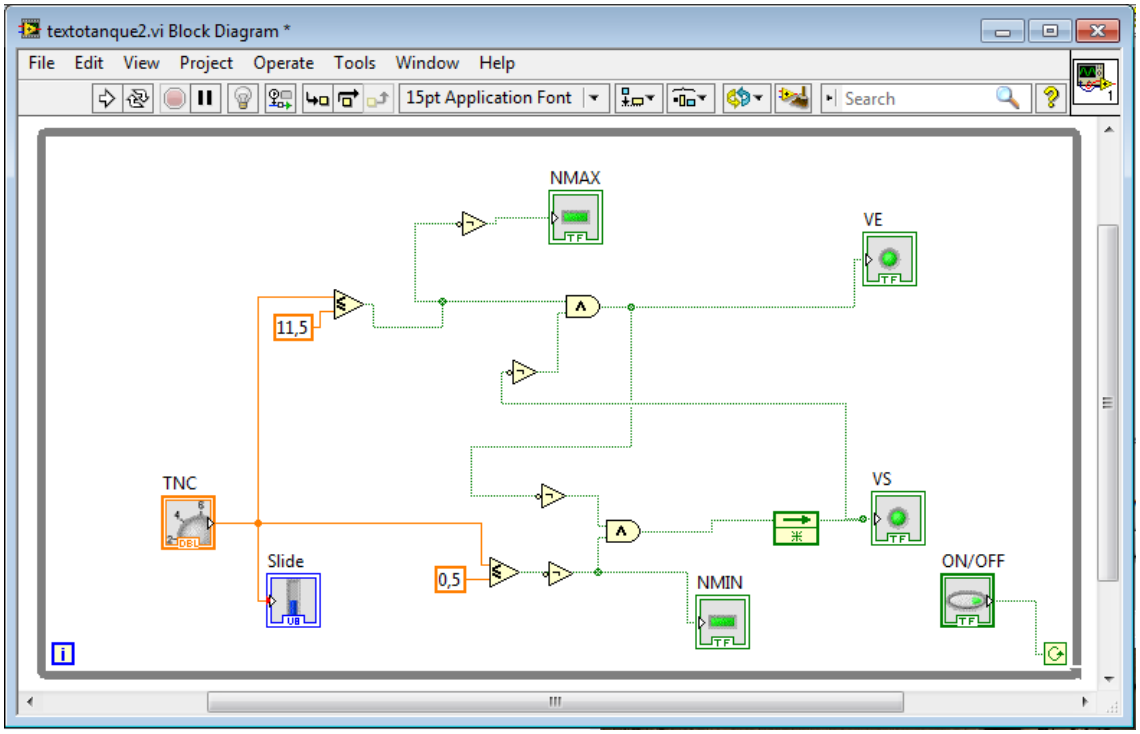
$$VE = CON2.\overline{VS} = (\text{TNC} \leq \text{NMAX}).\overline{\text{VS}}$$

$$VS = \overline{CON1}.\overline{CON2}.\overline{VE} + \overline{CON1}.CON2.\overline{VE}$$

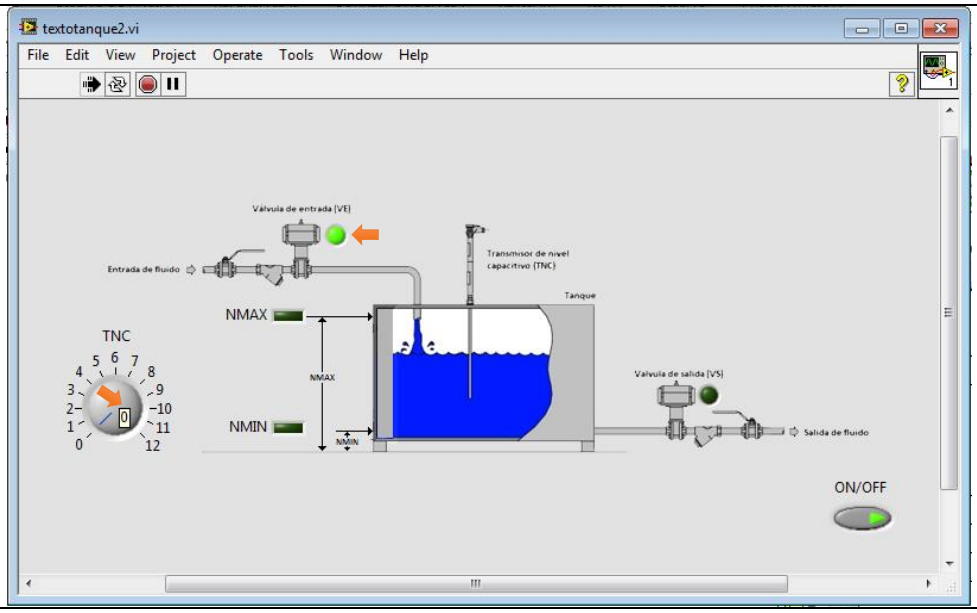
$$VS = \overline{CON1}.\overline{VE} = \overline{(\text{TNC} \leq \text{NMIN})}.\overline{VE}$$

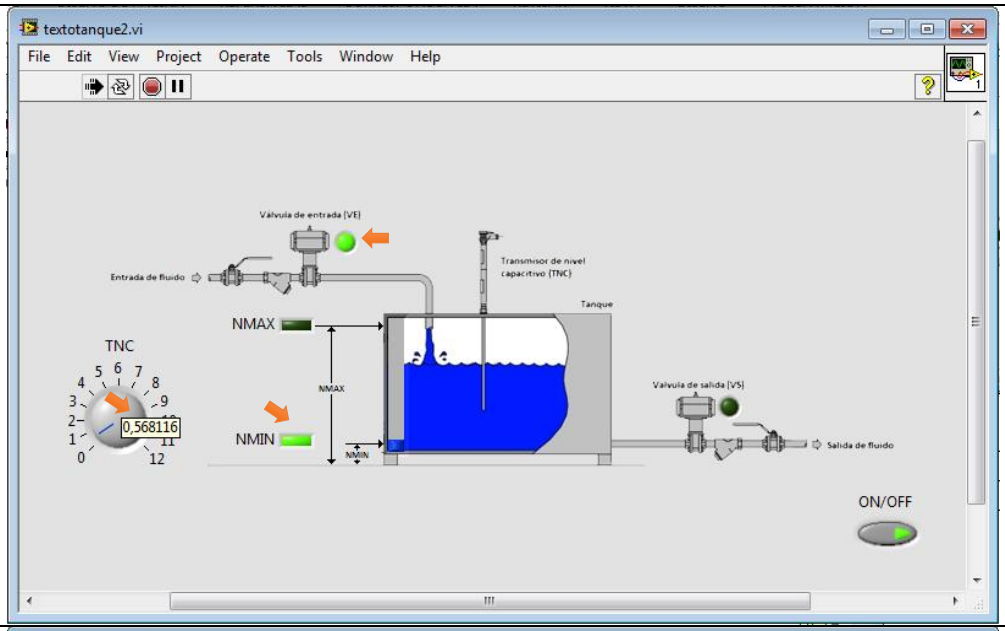
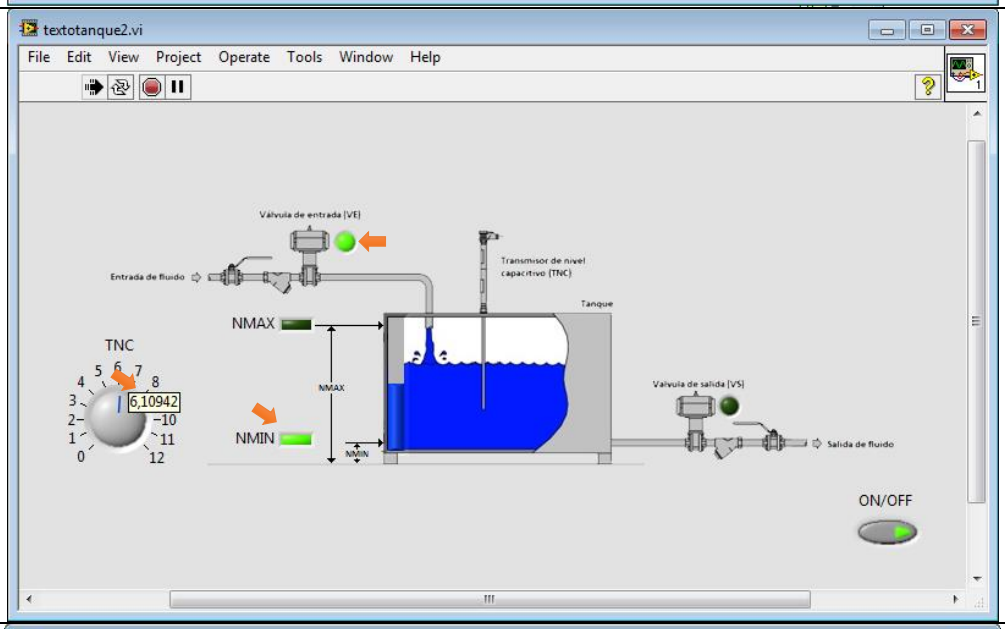
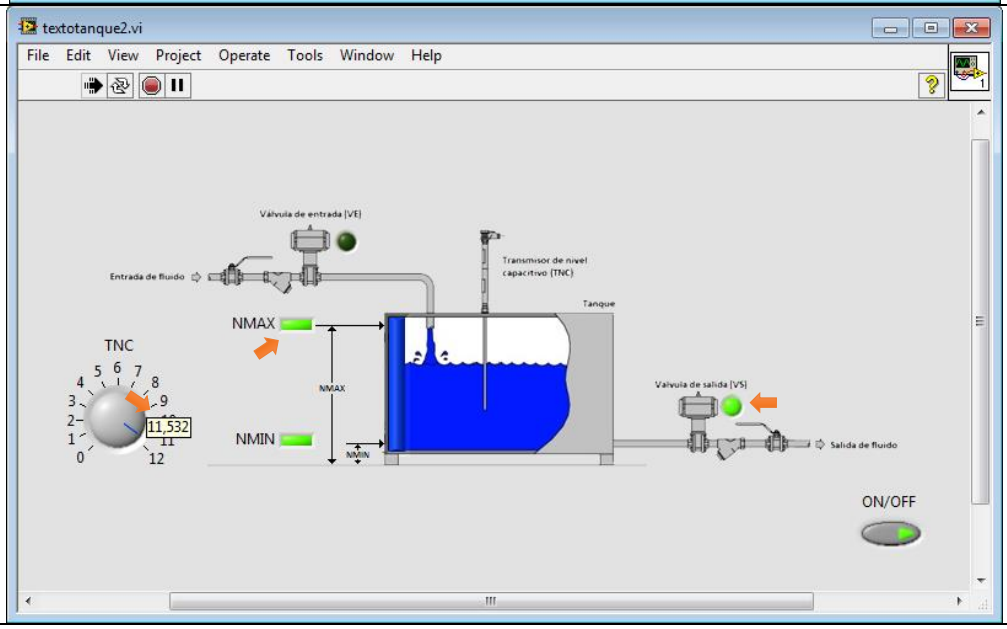
Para simular el sensor de nivel capacitivo, utilizo un Dial de 0 a 12. El programa en su panel frontal y diagrama de bloques quedaría entonces así:

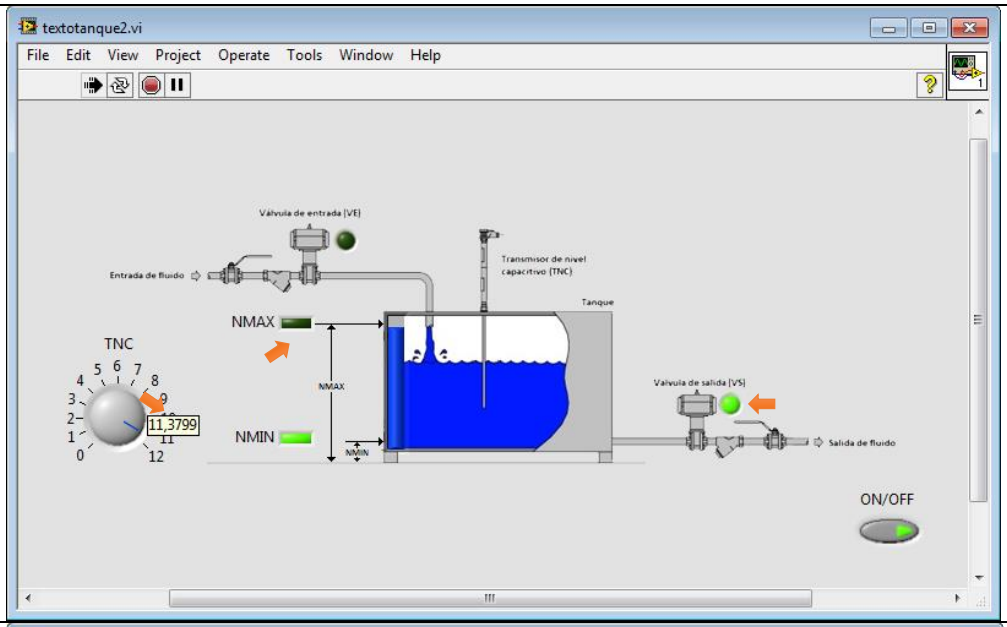
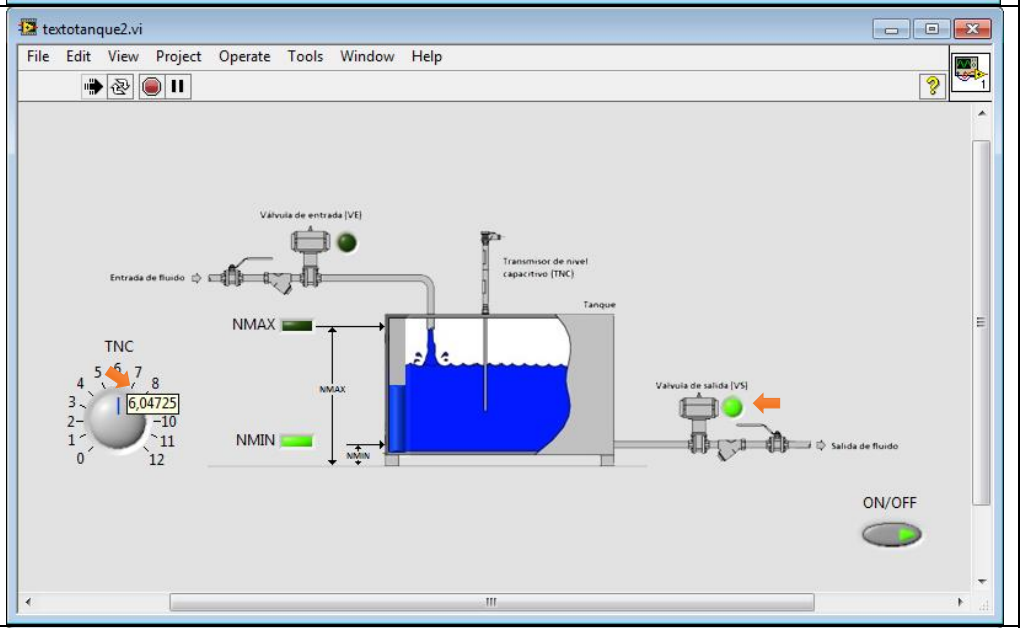
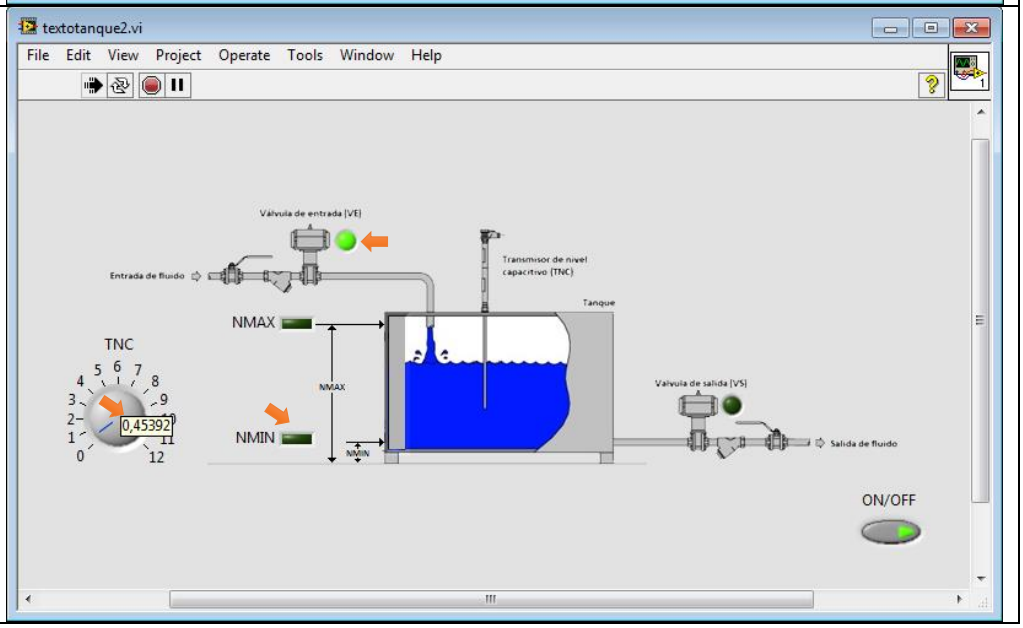




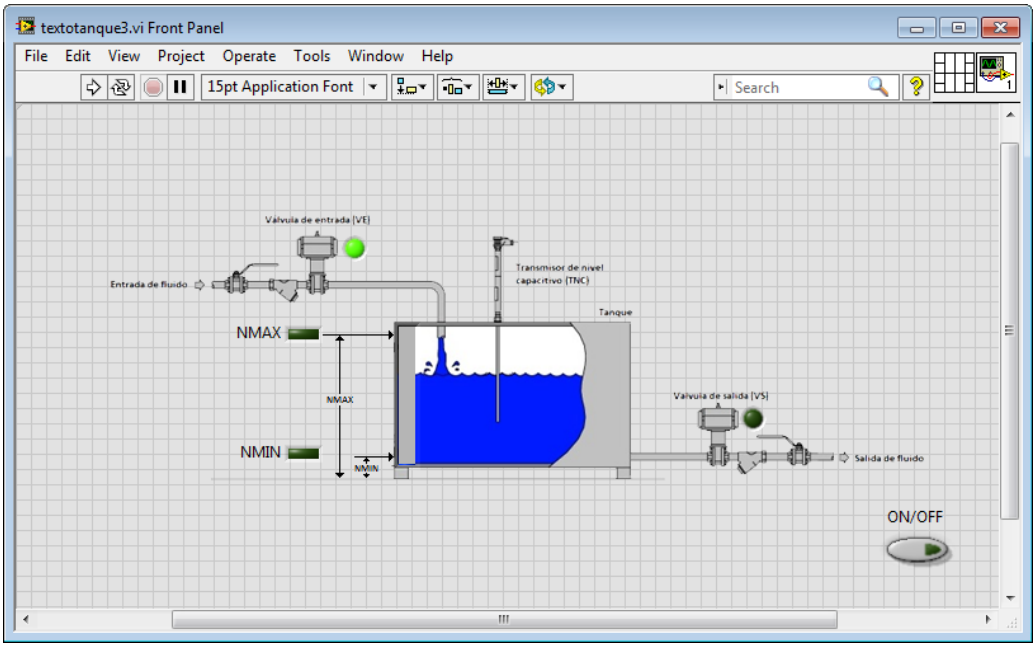
El resultado de la ejecución del programa es:

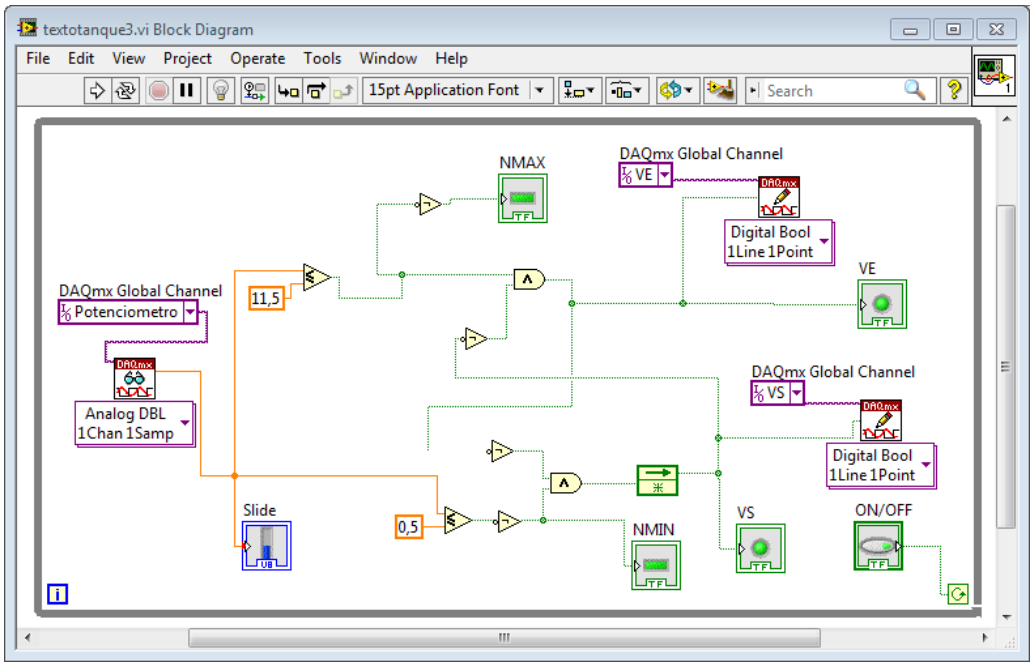
Condición	Resultado
El tanque se encuentra vacío. El líquido comienza a ingresar. El líquido está bajo la referencia mínima	

El líquido sobrepasa la referencia mínima	
El líquido ha subido a medio tanque	
El líquido sobrepasa la referencia máxima y ha comenzado a salir.	

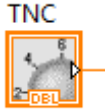
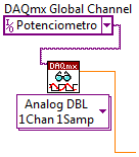
El líquido baja del nivel máximo	
El líquido llega nuevamente a medio tanque al salir.	
El liquida baja del nivel mínimo y comienza nuevamente a llenarse.	

Puedo reemplazar el Dial, con un potenciómetro externo e incluir dos LEDs externos como válvulas de entrada y salida, a través de la NI USB-6009, para lo cual es necesario realizar los cambios indicados a continuación:





Para conectar elementos interno, lo único que se cambia es:

Elemento de entrada en el programa inicial	Elemento de entrada que sustituye
	

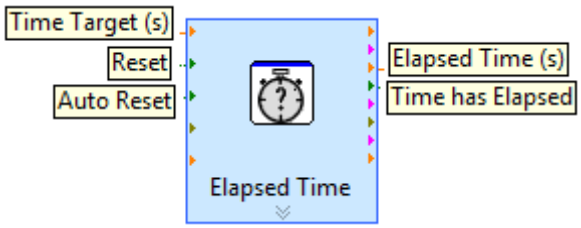
Los elementos que se mantienen son:

Elemento de salida virtual	Elemento de salida real
VE	DAQmx Global Channel VE Digital Bool 1Line 1Point
VS	DAQmx Global Channel VS Digital Bool 1Line 1Point

Con elementos temporizadores.

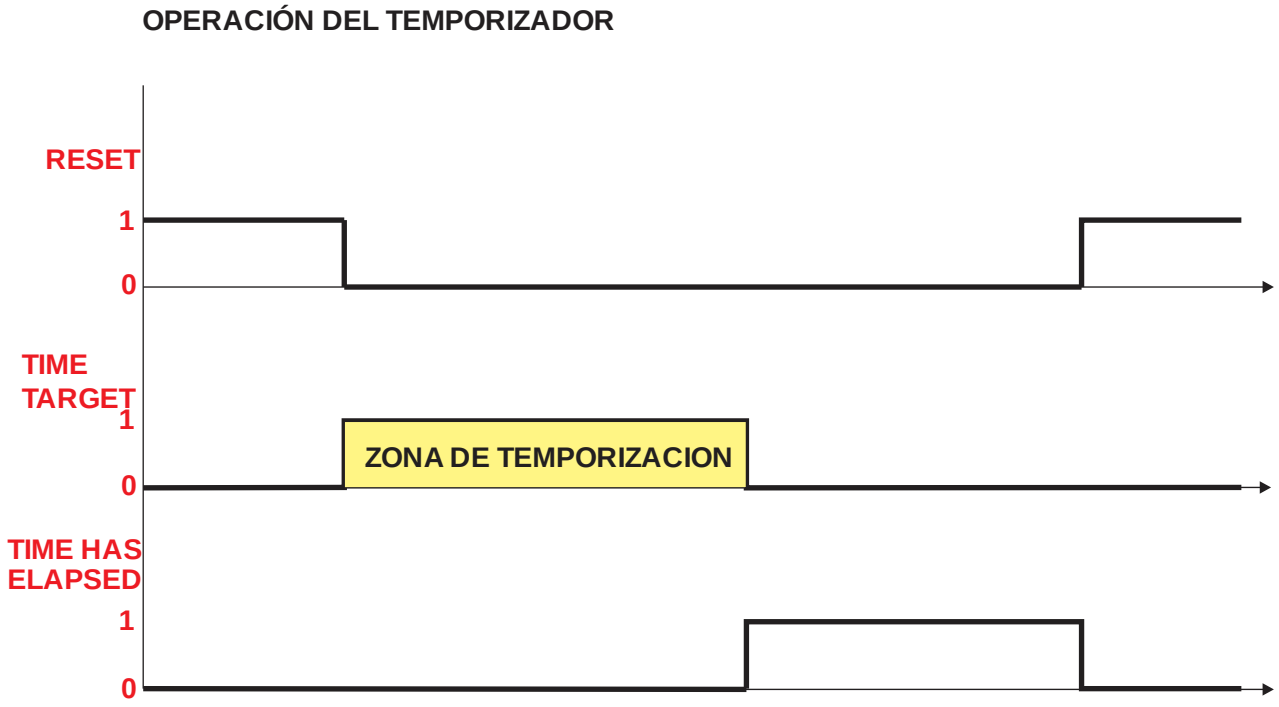
El elemento de temporización.

Entre los elementos de tiempo que tiene el LabVIEW, encontramos el siguiente VI, nominado como *Elapsed Time*:



Los parámetros más importantes son: *Time Target (s), Reset, Auto Reset, Elapsed Time (s) y Time has Elapsed*.

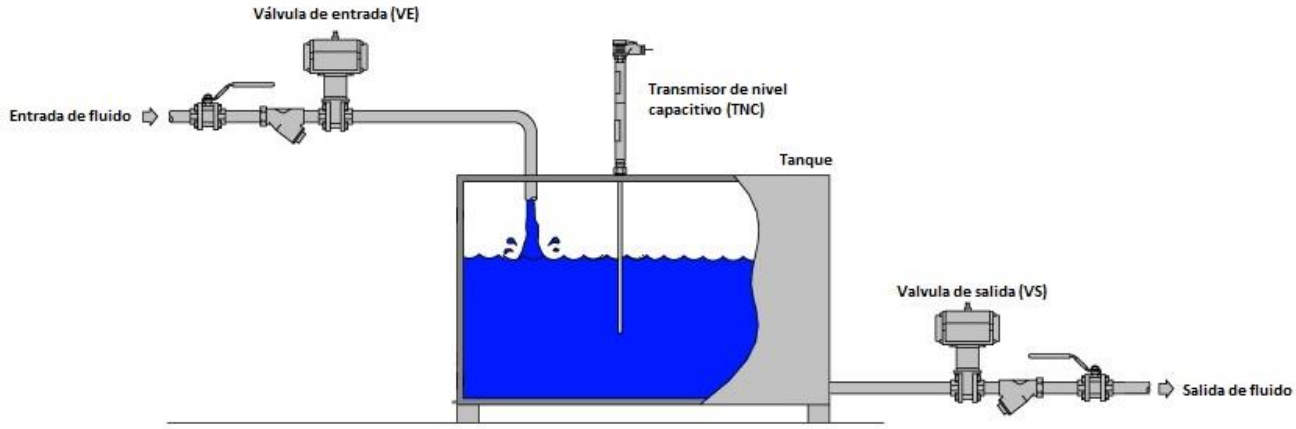
Time Target (s) representa el tiempo de temporización, *Reset* permite iniciar o detener la temporización, se inicia con 0 y se detiene y reinicia con 1, *Auto Reset* permite reiniciar el conteo una vez finalizado el tiempo indicado en *Time Target (s)*, si este está 1 (V), pero si esta en 0 (F) no actúa, *Elapsed Time (s)* es el tiempo que pasa desde iniciado el conteo y *Time has Elapsed* pasa a 1 cuando el conteo está habilitado y se ha llegado al final de la cuenta.



Proceso con temporización.

Se dispone de un tanque de almacenamiento de agua, donde se quiere controlar el llenado y vaciado automático del tanque, realizar el programa en LabVIEW, para cumplir con este objetivo. En tanque de 12 m. de altura dispone de una válvula de entrada y una de salida. El tanque inicialmente vacío, se llena hasta un nivel máximo, por medio de la válvula de entrada, se mantiene lleno por un lapso de 10 seg. y posteriormente se vacía hasta el nivel mínimo, para volver nuevamente a llenar y continuar el proceso continuamente.

En el proceso usaremos sensor de nivel analógico, como indica la figura siguiente:



Las condiciones del sensor de nivel son:

CON1 = TNC ≤ NMIN

CON2 = TNC ≤ NMAX

Y los valores para la tabla de valores del proceso son:

No.	Estados	Condición de los instrumentos					
		CON1	CON2	VE	VS	RES	THE
1	El tanque se encuentra vacío. El líquido comienza a ingresar. El líquido está bajo la referencia mínima. Inicia el programa	1	1	1	0	0	0
2	El tanque se encuentra vacío. El líquido comienza a ingresar. El líquido está bajo la referencia mínima.	1	1	1	0	1	0
3	El líquido sobrepasa la referencia mínima	0	1	1	0	1	0
4	El líquido sobrepasa la referencia máxima. Comienza la temporización	0	0	0	0	0	0
10 segundos de espera							
5	Finaliza el tiempo de espera	0	0	0	1	0	1
6	El líquido está bajo la referencia máxima	0	1	0	1	0	1
7	El líquido está bajo la referencia mínima	1	1	1	0	1	0

Donde RES es *Reset* y THE es *Time has Elapsed*. RES se puede considerar como una entrada mientras que THE puede considerarse como una salida. A partir del estado 7 se repite nuevamente el 2 y así continua indefinidamente.

Para plantear las ecuaciones hay que realizar las siguientes consideraciones:

1. La válvula de entrada VE, claramente no depende de los elementos del temporizador considerados (RES y THE).
2. La válvula de salida VS, si depende de estos parámetros, y
3. La señal del *Reset* (RES) depende de los actuadores (VE y VS) y de las condiciones del sensor (CON1 y CON2).

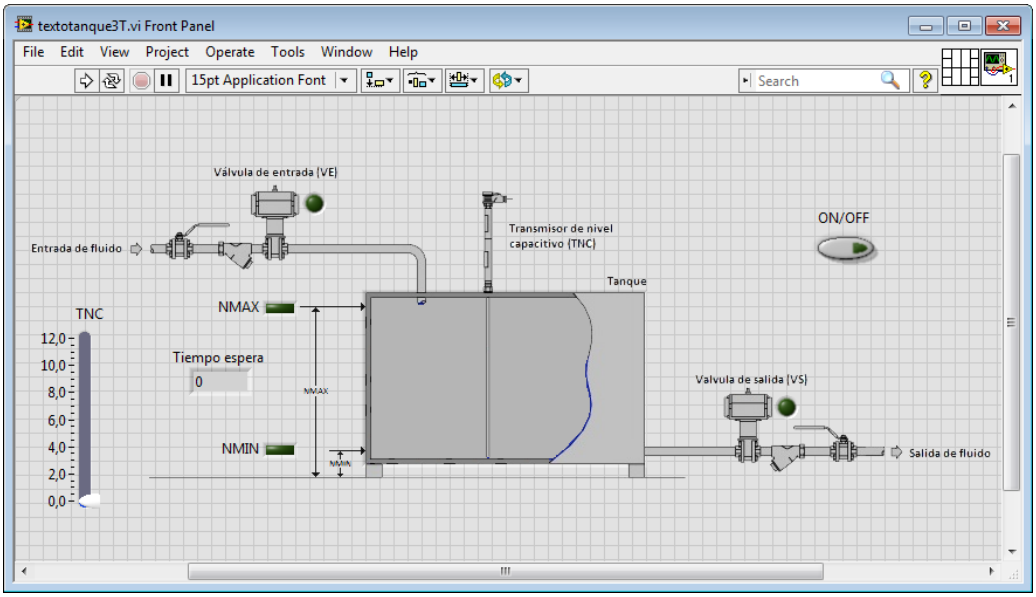
Entonces las ecuaciones quedan así:

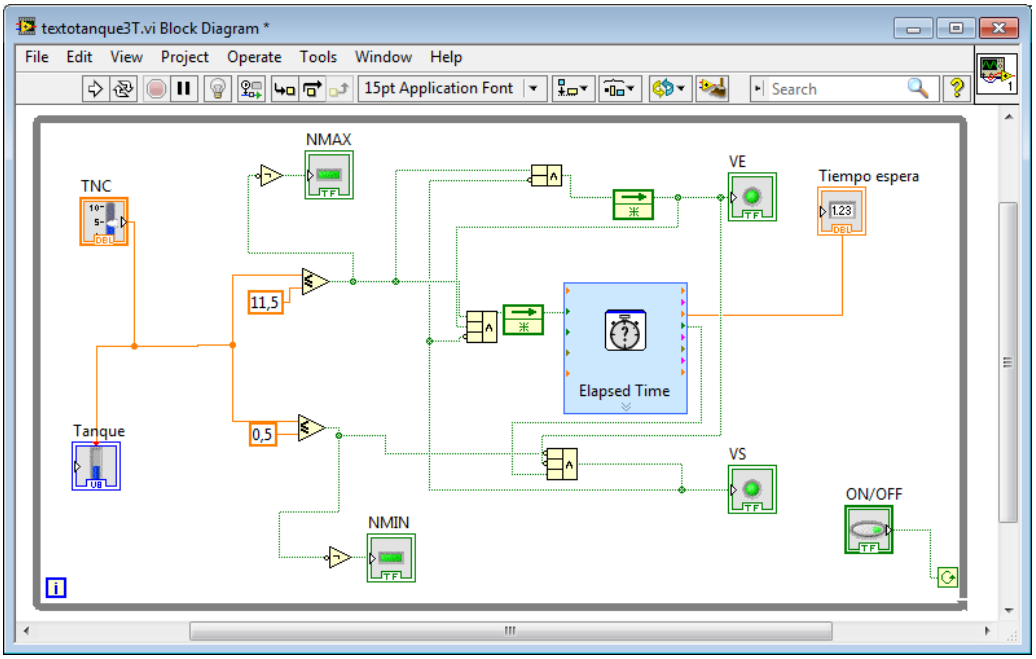
$$VE = CON1.CON2.\overline{VS} + \overline{CON1}.CON2.\overline{VS} = CON2.\overline{VS}$$

$$VS = \overline{CON1}.\overline{CON2}.\overline{VE}.THE + \overline{CON1}.CON2.\overline{VE}.THE = \overline{CON1}.\overline{VE}.THE$$

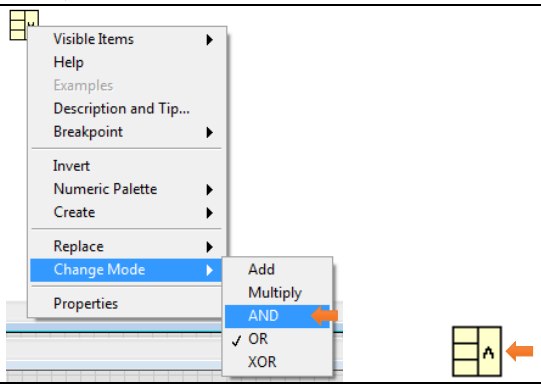
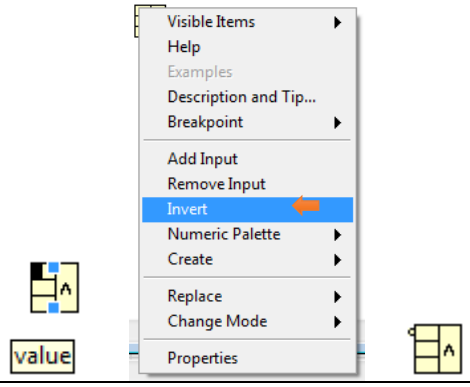
$$RES = CON1.CON2.VE.\overline{VS} + \overline{CON1}.CON2.VE.\overline{VS} = CON2.VE.\overline{VS}$$

Quedando el panel frontal y el diagrama lógico así:

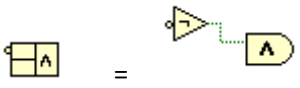




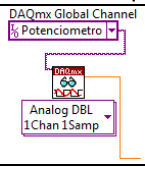
Nótese que en el diagrama de bloques no utilizamos la operación AND común ( ), sino la operación compuesta, denominada *Compound Arithmetic* ( ). La ventaja de utilizar esta última operación, sobre la AND standard es el hecho que puedo manejar varias entradas con un solo símbolo y puedo "negar las entradas", como que si las señales de entrada pasarían primero por un NOT ( ). Entonces por ejemplo para representar la operación $\bar{A}.B.\bar{C}$, seguimos los siguientes pasos:

Arrastramos el icono del operador	
Aumentamos a tres las entradas, arrastrando de los cuadrados azules inferior o superior.	
Escogemos la operación AND, al dar clic botón derecho sobre el operador, y escoger AND de *Change Mode*.	
Negamos las entradas para A. Para lo cual nos ubicamos sobre la entrada a negar, presionamos el botón derecho y del menú que obtenemos, escogemos la opción *Invert*. Luego hacemso lo mismo para C	
Tenemos lista entonces las entradas para conectar a las señales A, B y C	

Por lo tanto se presentan las siguientes equivalencias:



Para conectar elementos interno, lo único que se cambia es:

Elemento de entrada en el programa inicial	Elemento de entrada que sustituye
	

Los elementos que se mantienen son:

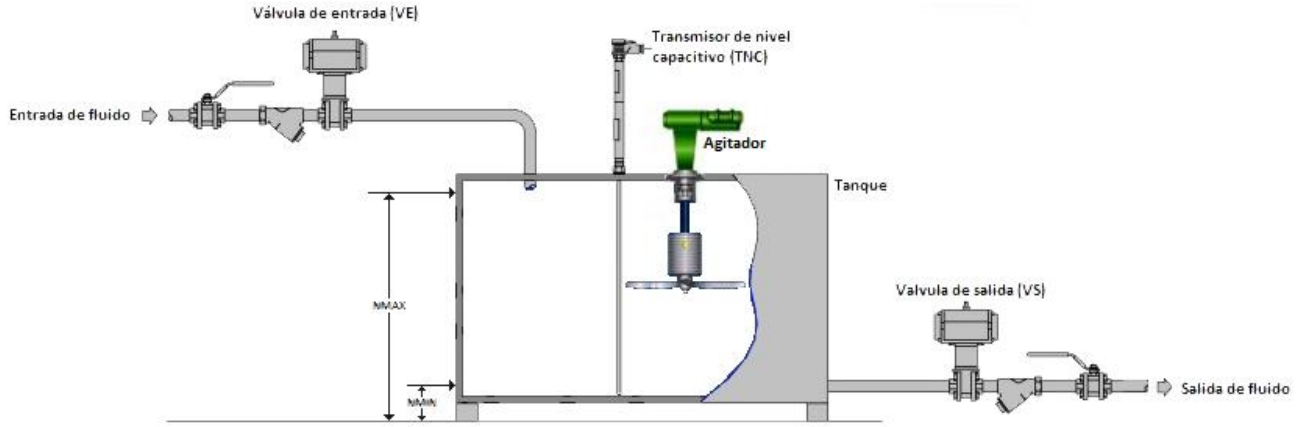
Elemento de salida virtual	Elemento de salida real
VE	DAQmx Global Channel VE Digital Bool 1Line 1Point
VS	DAQmx Global Channel VS Digital Bool 1Line 1Point

Con elementos de conteo

El LabVIEW no dispone de un módulo o elemento contador en particular, pero con otras funciones, Vis y operadores, podemos fácilmente implementar un contador de cualquier tipo.

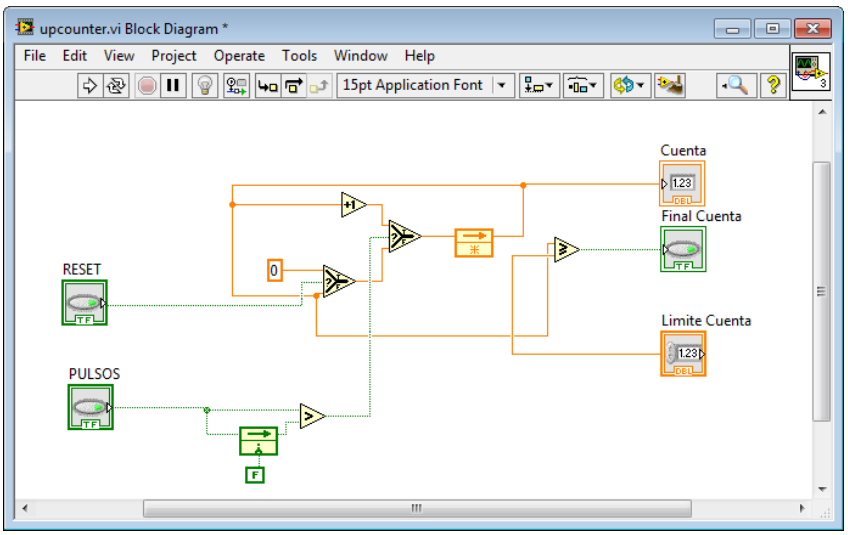
Proceso con conteo.

Un tanque de almacenamiento posee una válvula de entrada y una de salida, además de un sistema de mezclado. Ingresa el líquido por la válvula de entrada, una vez lleno el tanque el mezclador da 10 vueltas y luego se vacía el tanque. El proceso se repite continuamente.

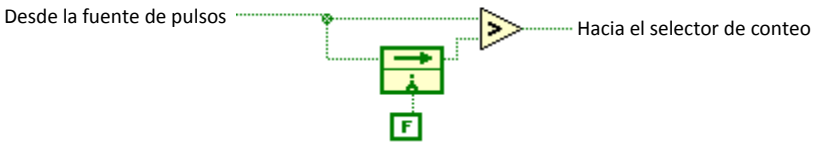


Un contador ascendente

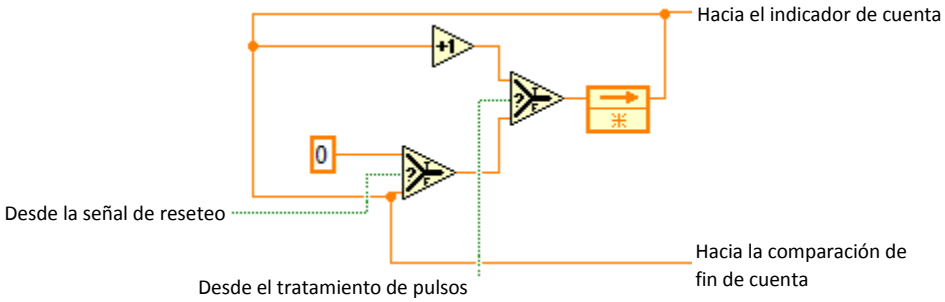
Lo primero a realizar para resolver este problema es definir un contador, en este caso lo haremos con un contador ascendente, mediante el programa que vemos a continuación:



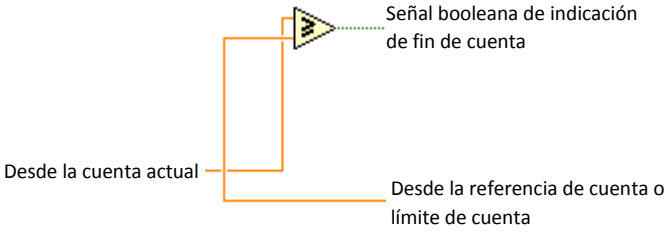
El contador comprende tres etapas, el tratamiento de los pulsos, a través del nodo de realimentación y el comparador >,



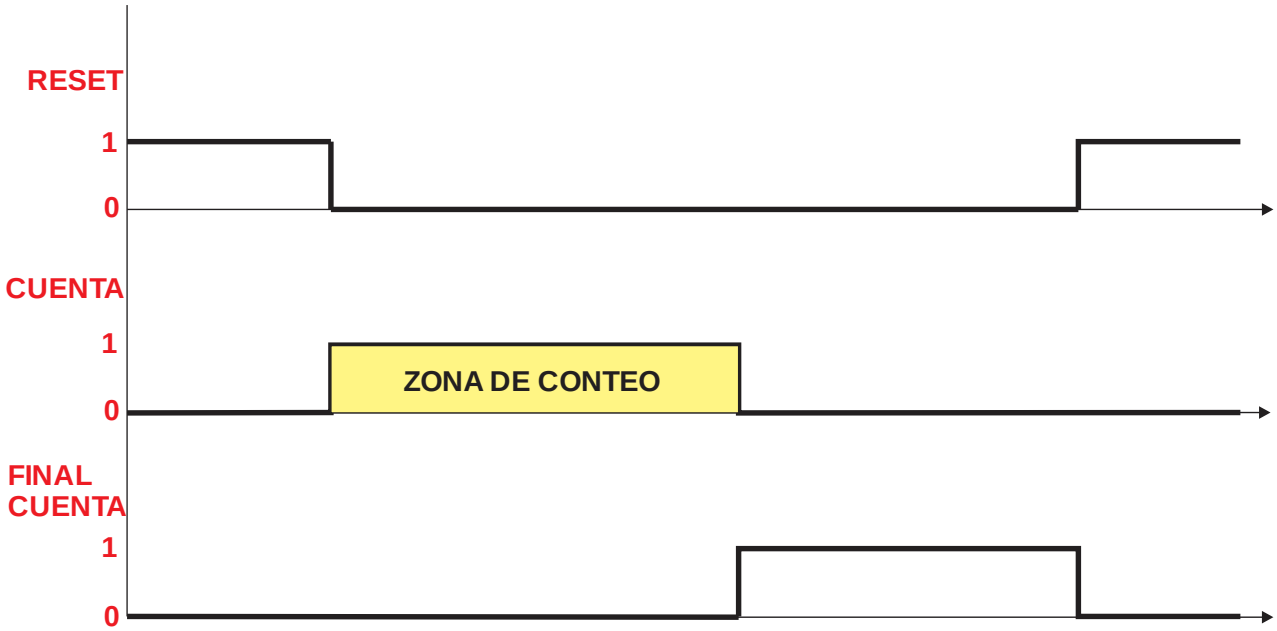
El reseteo y el incremento de la cuenta, formado por dos selectores y un incrementador,



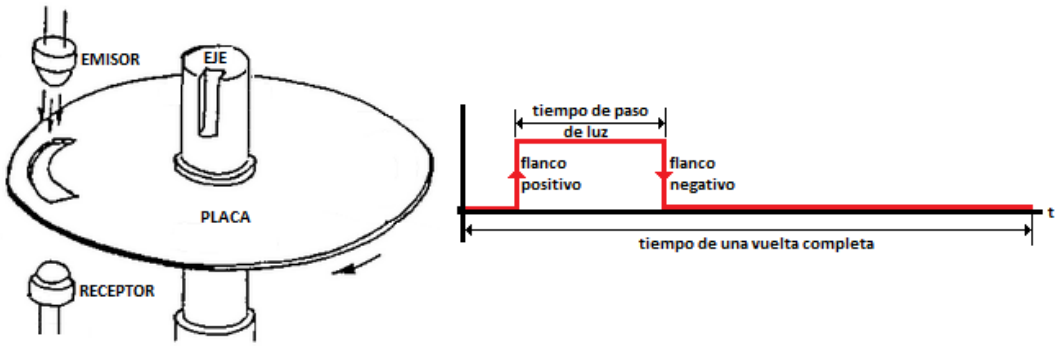
Y finalmente tenemos la detección de fin de conteo



OPERACIÓN DEL CONTADOR



Para poder contar las veces que giran las paletas de mezcla unidas al motor del mezclador (M), es necesario disponer de un sistema tacométrico, como el siguiente:



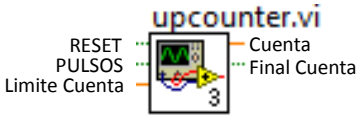
Cada vez que la luz pasa por el orificio, de una placa sujeta al eje se genera una señal paso, sin embargo no es práctico e involucra problemas en la programación contar los pasos, lo más practico es contar las transiciones de 0 a 1 o las transiciones de 1 a 0, conocidos como flancos positivos y flancos negativos respectivamente. Dado que en toda una vuelta se generaran un flaco positivo y un flanco negativo, entonces n flancos representaran n vueltas. La primera parte del circuito, en el procesamiento se encarga de contar los flancos positivos. Fíjese bien que en este caso, por la estructura del tacómetro resulta ser un flanco por vuelta, pero si la placa tendría más de un agujero habría que determinar cuántos flancos se generan por vuelta, y por lo tanto cuantos pulsos hay que contar para el número de vueltas que se quiere controlar.

El primer selector permite poner un cero en la cuenta, si llega un uno a la señal de RESET o mantiene la cuenta y el segundo selector permite mantener la cuenta o incrementarla en una unidad controlada por los flancos.

El circuito contador podemos utilizarlo incluyendo todos los elementos en el programa final o transformándolo en un SubVI, de acuerdo a lo que se explica en

http://www.insdecem.com/archivos/documentos/NI-Tutorial-7593-en.pdf

En el caso de este tutorial le he transformado al contador en un SubVI, llamado upcounter.vi:



Cuyas entradas son *RESET*, *PULSOS* y *Limite Cuenta*, mientas las salidas son *Cuenta* y *Final Cuenta*.

RESET inicializa la cuenta con 1, no hace nada con 0, *PULSOS* es la entrada para la señal que viene del tacómetro, *Limite Cuenta* es un numérico que indica hasta que valor el contador llegará, por *Cuenta* sale un valor que va de 0 al número ingresado en *Limite Cuenta* y por *Final de Cuenta* sale un 1 cuanto *Cuenta* es mayor o igual al numérico en *Limite de Cuenta*.

Entonces con este SubVI, podemos ya desarrollar el programa, primero planteamos los estados y sus valores y hallamos las ecuaciones para los actuadores y para el RESET del SubVI.

Las condiciones generados por el sensor de nivel analógico las tomaremos ahora como:

CON1 = TNC ≥ NMIN, y

CON2 = TNC ≥ NMAX

No.	Estados	Condición de los instrumentos							
		CON1	CON2	VE	VS	M	FC	RES	CONT
1	El tanque se encuentra vacío. El líquido comienza a ingresar. El líquido está bajo la referencia mínima.	0	0	1	0	0	0	1	0
2	El líquido sobrepasa la referencia mínima	1	0	1	0	0	0	0	0
3	El líquido sobrepasa la referencia máxima. Comienza el conteo. Se generan los pulsos desde el dispositivo tacométrico	1	1	0	0	1	0	0	0/1
9 cuentas con el estado anterior									
4	Finaliza el conteo	1	1	0	1	0	1	0	0
5	El líquido está bajo la referencia máxima	1	0	0	1	0	1	0	0
6	El líquido está bajo la referencia mínima	0	0	1	0	0	0	1	0

Como en casos anteriores, el estado 1 y el 6 son los mismos, por lo que el proceso tiene 5 estados. Es importante observar que los únicos actuadores condicionado por el contador son VS y el motor de la mezcladora M, por lo tanto el final de cuenta FC, afectará solo a ellos. Por lo tanto las ecuaciones quedan así:

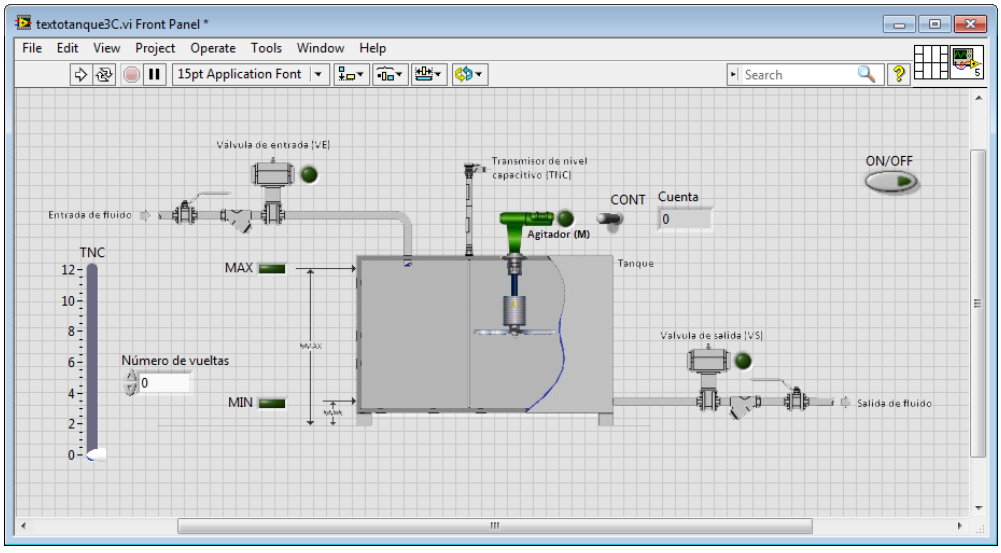
$$VE = \overline{CON1}.\overline{CON2}.\overline{VS}.\overline{M} + CON1.\overline{CON2}.\overline{VS}.\overline{M} = \overline{CON2}.\overline{VS}.\overline{M}$$

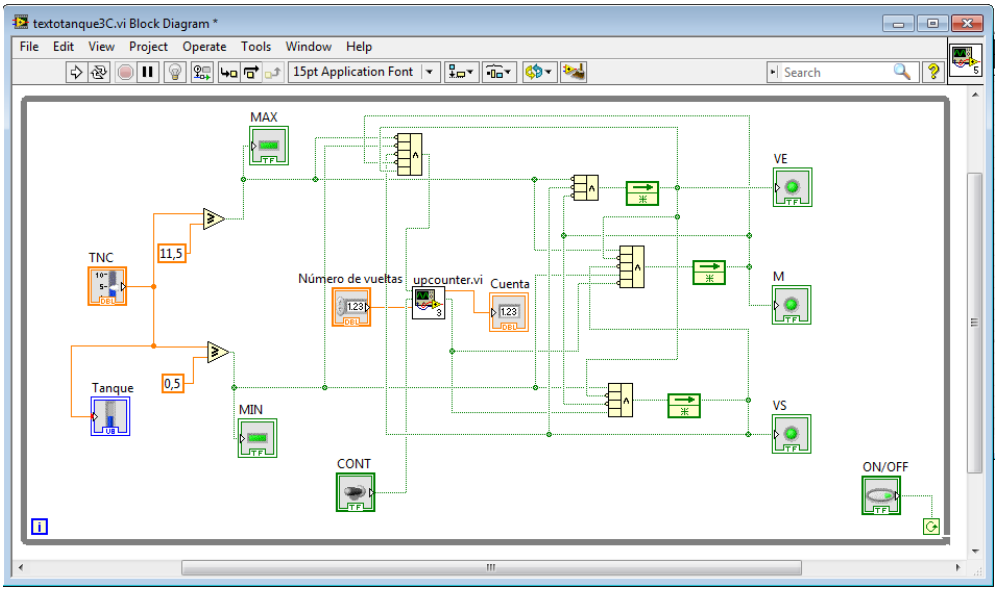
$$VS = CON1.CON2.\overline{VE}.\overline{M}.FC + CON1.\overline{CON2}.\overline{VE}.\overline{M}.FC = CON1.\overline{VE}.\overline{M}.FC$$

$$M = CON1.CON2.\overline{VE}.\overline{VS}.\overline{FC}$$

$$RES = \overline{CON1}.\overline{CON2}.VE.\overline{VS}.\overline{M}$$

Quedando el panel frontal y el diagrama lógico así:

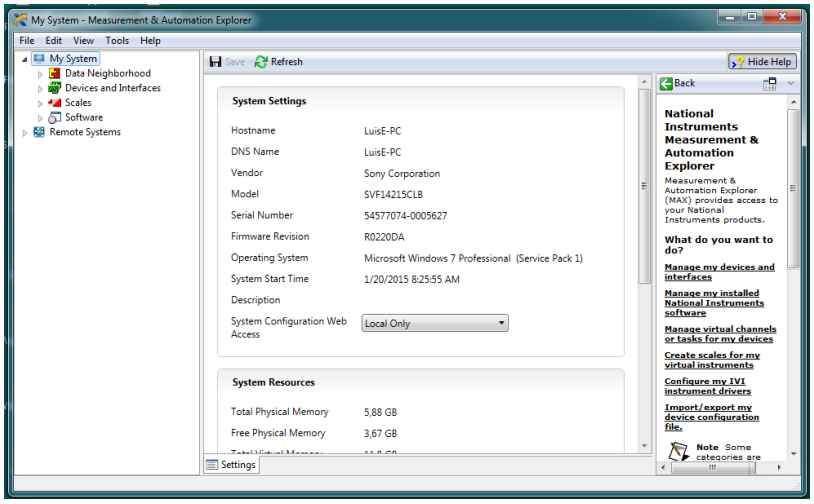




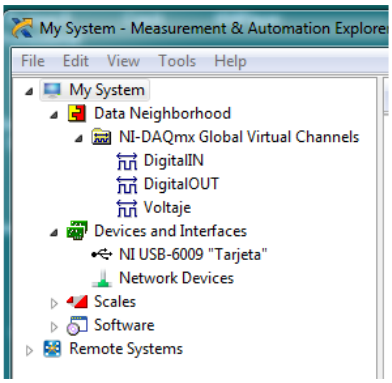
Borrando etiquetas asignadas a un dirección de la NI 6009

Cada vez que conectamos la tarjeta Ni UBD 6009 a un computador, y aún más si utilizamos diferentes puertos USB, los nombres automáticos definidos para el dispositivo serán Dev1, Dev2, Dev3,…..Devx. Y las etiquetas o nombres de los canales de acceso a los sensores estarán definidos por estos nombres.

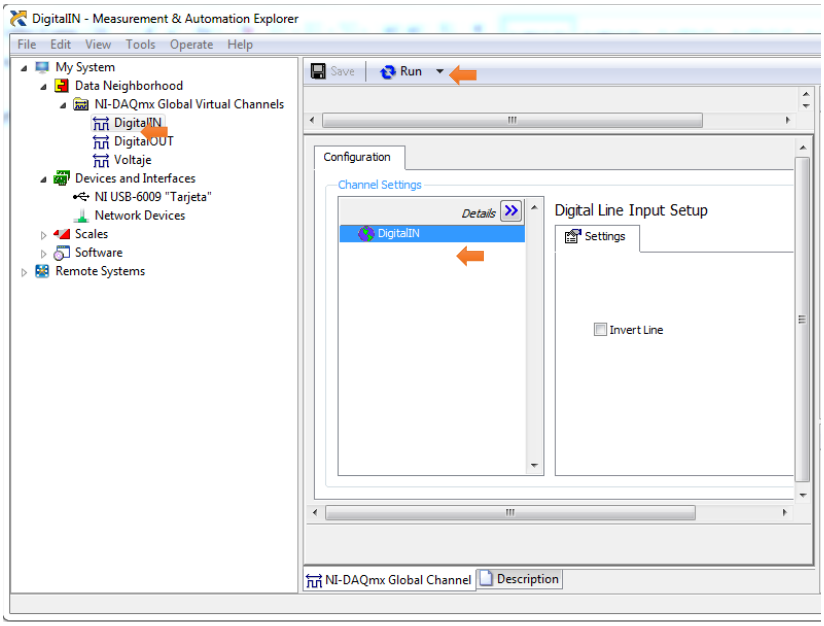
Para poder observar los nombres de los canales de comunicación a los sensores desde LabVIEW, arrancamos el programa NI MAX, ante lo cual obtenemos lo siguiente:



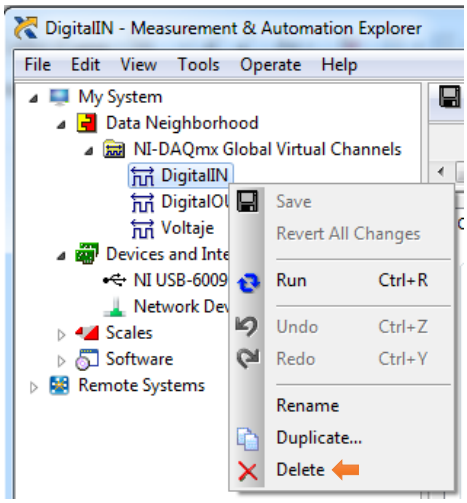
En la parte izquierda de la ventana podemos encontrar, desplegando *Data Neighborhood* y *NI-DAQmx Global Virtual Channels*, los diferentes canales creados durante la programación en el entorno de LabVIEW, asi:



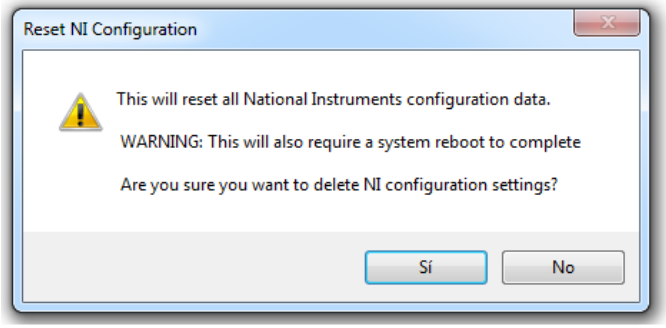
Al hacer clic sobre el nombre de cualquier canal, se despliega al lado derecho de la lista las características del canal y la posibilidad de probar su funcionamiento, así:



Al hacer clic botón derecho sobre el canal indicado, nos aparecerá en el menú la opción *Delete*, que nos permitirá borrarlo, así:



Para poder resetear los canales a la configuración inicial de LabVIEW, esto es sin ninguno definido, podemos utilizar la opción *Reset Configuration Data*, al aplicarla el programa nos advierte que luego de lo cual será necesario resetear el sistema, así:


Reset NI Configuration
This will reset all National Instruments configuration data.
WARNING: This will also require a system reboot to complete
Are you sure you want to delete NI configuration settings?
Sí
No

También desde *NI-DAQmx Global Virtual Channels*, al hacer clic botón derecho podemos directamente desde aquí y sin entrar a LabVIEW crear canales que luego pueden ser usados en la programación, así: